В. С. РОХЛОВ, С. Б. ТРОФИМОВ

БИОЛОГИЯ



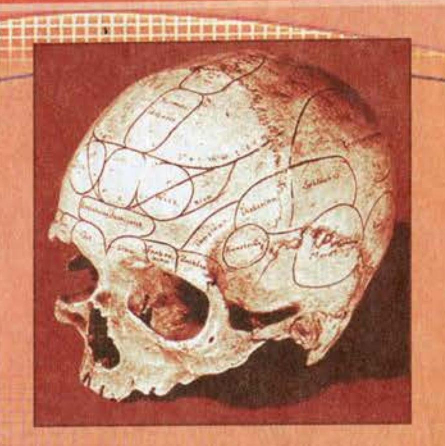


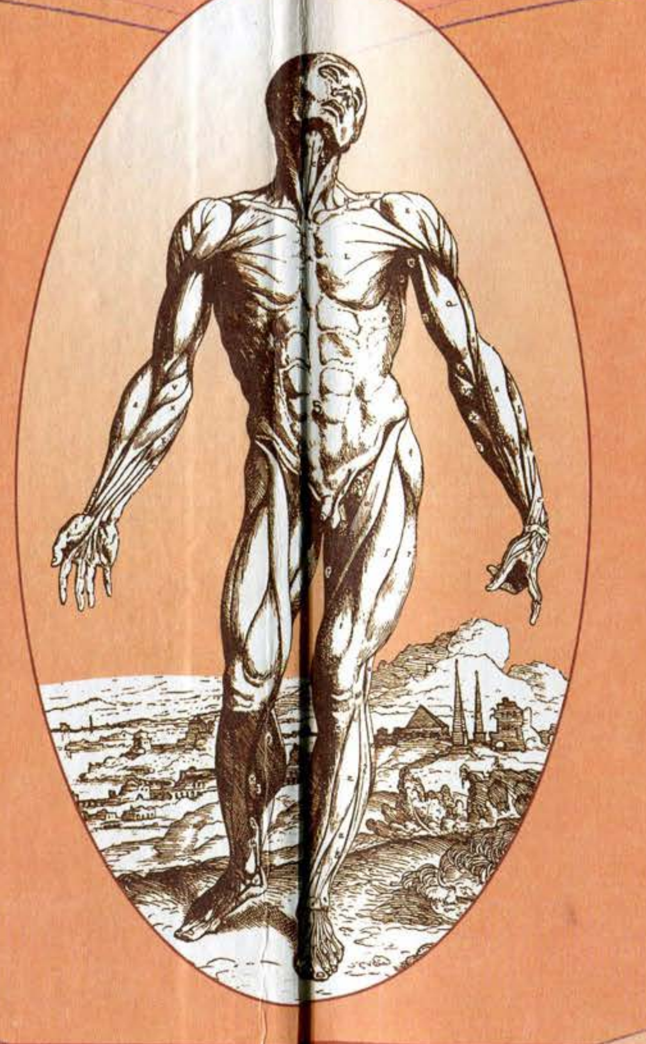
УЧЕБНИК



ИСТОРИЯ ПОЗНАНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА


Бог врачевания Асклепий

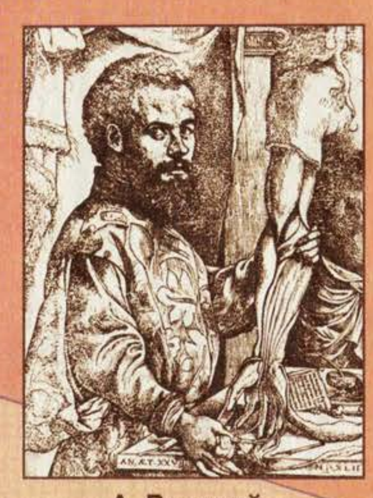

Демонстрационный череп с классификацией выпуклостей на нем (по Ф. Галлю)



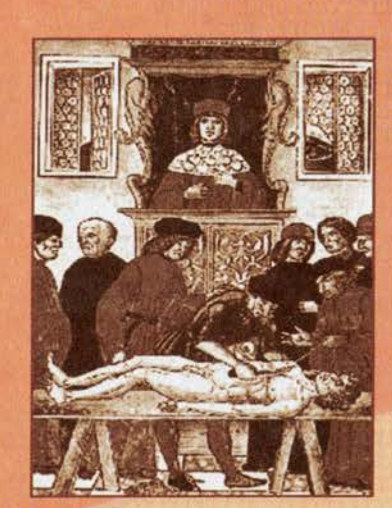



Леонардо да Вин


Парацельс



А. Везалий


Урок анатомии


Авиценна (Ибн Сина)


У. Гарвей


Бритье головы и трепанация черепа


Стол с инструментами А. Везалия


Протезы, предложенные А. Паре


М. Мальпиги

В. С. РОХЛОВ, С. Б. ТРОФИМОВ

БИОЛОГИЯ

ЧЕЛОВЕК
И ЕГО ЗДОРОВЬЕ



класс

УЧЕБНИК

для общеобразовательных учреждений

Под редакцией *Д. И. Трайтака*

Допущено
Министерством образования
Российской Федерации

2-е издание, стереотипное



Москва 2007

УДК 373.167.1:611
ББК 28.70я721
Р80

Рохлов В. С.

Р80 Биология: Человек и его здоровье. 8 класс : учеб. для общеобразоват. учреждений / В. С. Рохлов, С. Б. Трофимов ; под ред. Д. И. Трайтака. — 2-е изд., стер. — М. : Мнемозина, 2007. — 287 с. : ил.
ISBN 978-5-346-00832-3

Настоящий учебник посвящен одному из важнейших и интереснейших разделов биологии — организму человека. Помимо теоретических знаний учебник включает практические советы, которые подскажут школьникам, как уберечься от болезней и надолго остаться здоровыми и сильными. Все главы учебника снабжены красочными иллюстрациями, они конкретизируют содержание учебного материала и способствуют его усвоению учащимися.

УДК 373.167.1:611
ББК 28.70я721

ISBN 978-5-346-00832-3

ШКОЛЬНИКУ ОБ УЧЕБНИКЕ

Книга, которую вы держите в руках, посвящена теме «Человек и его здоровье». Вы будете изучать по ней один из интереснейших, а может быть, и важнейших разделов биологии. Кроме знаний об организме человека вы узнаете, как уберечься от болезней и надолго остаться здоровыми и сильными.

Учебник состоит из 16 тематических глав, каждая из которых помимо учебного материала параграфов содержит несколько рубрик.

Рубрика «**Немного истории...**» предваряет каждую главу. Она знакомит вас с краткой историей изучения организма человека, а также с учеными, внесшими значительный или решающий вклад в его познание.

В рубрике «**Для любознательных**» собраны занимательные сведения о человеческом организме и его возможностях. Данная информация является факультативной, но она пригодится вам во время ответа на уроке, просто в беседе или в дискуссии с товарищем, а может быть, и на олимпиаде по биологии.

В течение учебного года каждому из вас скорее всего придется подготовить два-три письменных сообщения, реферата или доклада и выступить с ними на уроке, конференции, тематическом вечере в школе. В этом вам помогут материалы рубрики «**Темы сообщений и рефератов**».

Учебник не только расскажет о том, как устроен человеческий организм, как работают его органы и системы. В большинство глав включена рубрика «**Наблюдения и самонаблюдения**». Следуя содержащимся в ней указаниям, вы сможете понаблюдать за собственным организмом даже в домашних условиях. Между тем, такая самостоятельная работа поможет глубже осмыслить прочитанное в параграфе.

Работая с учебником, прежде всего старайтесь понять сущность написанного в параграфах и обращайте внимание на научные факты, понятия, термины, законы и теории, объясняющие с современных научных позиций строение и функционирование организма человека. Для облегчения усвоения основные понятия и термины, смысл которых необходимо уяснить и запомнить, напечатаны *курсивом*.

Параграфы учебника поделены на два уровня: первый уровень — это основной учебный материал, второй — материал для углубленного изучения, его начало и окончание отмечены стрелками ➤. Зна-

комиться с содержанием текста второго уровня лучше после осмысления основного. Не оставляйте без внимания рисунки, таблицы и схемы: они помогут вам легче усвоить учебный материал.

В конце каждого параграфа вы найдете «**Вопросы и задания**», цель которых — обеспечение понимания и закрепление изучаемого материала. В этой же рубрике под знаком приведены вопросы и задания для обсуждения, которые помогут вам вести дискуссию, отстаивать свою точку зрения.

Большинство глав учебника содержат дополнительные сведения, адресованные любознательным учащимся, серьезно интересующимся биологией. Это материал выделен более мелким шрифтом.

В учебнике дается список дополнительной литературы, которая будет полезна при подготовке сообщений или рефератов.

Учебник — основная ваша книга, а дополняют его учебное пособие «Книга для чтения по анатомии, физиологии и гигиене человека» и «Сборник опытов и заданий по биологии человека».

Желаем успехов в учебе!

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

В одной из книг античного философа Платона есть небольшой рассказ. Некогда в Дельфах, около храма Аполлона, собрались семь мудрецов, чтобы решить: в чем состоит основной вопрос наук? После долгой дискуссии на стене храма была высечена бессмертная фраза: «Познай самого себя». Хотя слова эти сказаны за пять веков до нашей эры, они до сих пор не потеряли своей значимости.

Поразительно: мы, современные люди, часто гораздо больше знаем об устройстве автомобиля или о принципе работы компьютера, чем о том, как устроено и работает наше тело, какие надо соблюдать правила, чтобы укрепить собственное здоровье и избежать болезней.

Когда-то Сократ сказал: «Здоровье — не всё, но всё без здоровья — ничто». Нередко состояние здоровья определяет наши успехи в учебе, профессиональной деятельности и в личной жизни. В конечном счете, радость от самой жизни напрямую зависит от того, как мы себя чувствуем.

Организм человека — а именно он в течение целого учебного года будет объектом нашего внимания — предмет изучения таких наук, как анатомия, физиология, психология, гигиена.

Анатомия (от греч. *анатоме* — рассечение) изучает происхождение, развитие, строение и форму организма. Это одна из самых древних наук о человеке. Наскальные рисунки эпохи каменного века свидетельствуют о том, что первобытные охотники уже знали о расположении жизненно важных органов: сердца, печени и других.

Систематическое накопление знаний о строении человеческого тела стало возможным благодаря многим поколениям ученых и врачей. В плеяду величайших анатомов входят Гиппократ, Аристотель, К. Гален, А. Везалий, Н. И. Пирогов и многие другие.

В настоящее время наряду с традиционными методами исследования анатомии человека активно применяются современные научные достижения. Компьютерная томография (от греч. *томос* — слой) дает возможность послойно исследовать органы в рентгеновских лучах, а ультразвуковой томограф позволяет заглянуть внутрь организма. При помощи таких методов можно не только детально исследовать строение функционирующих органов, но и обнаружить нарушения в их работе.

Современная анатомия функциональна, так как в науке существует убежденность о неразрывной связи между строением органа и его функцией.

Физиология (от греч. *физис* — природа) изучает жизненные функции целостного организма, отдельных органов и их систем. Основные ее методы — наблюдение и эксперимент. В развитие физиологии внесли огромный вклад У. Гарвей, Р. Декарт, И. М. Сеченов, К. Бернар, И. П. Павлов, А. А. Ухтомский, П. К. Анохин и др.

Достижения современной физики и биохимии совершенствуют методы физиологических исследований. Электроника дает возможность с большой точностью регистрировать различные явления в организме — электрические процессы в сердце, мозге, мышцах и других органах. Современные телеметрические (от греч. *теле* — далеко) методы позволяют изучать функции организма на расстоянии в процессе активной деятельности. Широко применяют в физиологии метод моделирования — искусственное воспроизведение процессов с помощью различных технических устройств с целью изучения физиологических закономерностей. В результате создаются математические модели работы отдельных органов и целых систем организма. Однако деятельность головного мозга нельзя объяснить и понять в полной мере, лишь используя данные физиологии и анатомии, так как работа мозга зависит не только от биологических, но и от социальных условий, в которых находится человек.

Каждый из нас отражает явления внешнего мира по-своему, определяет их ценность в зависимости от индивидуальных потребностей. В результате у каждого человека складывается свой внутренний мир. Мы строим взаимоотношения с другими людьми согласно собственным убеждениям, сами определяем свои поступки и оцениваем их. Этот сложный процесс составляет душевную деятельность человека — психику.

Психология (от греч. *психе* — душа) — одна из самых сложных наук, изучающая факты, закономерности и механизмы психики. Психология активно вошла во все сферы повседневной жизни человека.

Анатомия, физиология, психология в содружестве с другими естественными и гуманитарными науками служат основой современной профилактической медицины — гигиены.

Гигиена (от греч. *гигиенос* — приносящий здоровье) — наука о создании благоприятных условий для сохранения здоровья, о правильной организации труда и отдыха человека. Гигиена занимается охраной здоровья людей, живущих в одном регионе или работающих в сходных условиях, например школьная, производственная гигиена и т. п. Применение гигиенических знаний на практике называют *санитарией*.

Человек познает и изменяет мир и самого себя. Его происхождение, назначение, место в мире и сущность были и остаются главными проблемами философии, религии, науки и искусства.

Учебник поможет вам лучше узнать свой организм и даст полезные рекомендации, как поддерживать его в надлежащем порядке.

Вопросы и задания

1. Почему важно знать строение и функции своего организма? **2.** С какой целью художники тщательно изучают анатомию? **3.** Назовите научные методы, которые применяют в физиологии. **4.** Чем занимается гигиена? **5.** Почему человека изучают разные науки?

МЕСТО ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА



Немного истории...

1776 г. Немецкий врач, *анатом, антрополог* И. Блюменбах *в работе* «О *природных разновидностях человеческого рода» описал пять видов современных рас человека и высказал мысль об их едином происхождении.*

1853—1855 гг. *Французский социолог Ж. А. де Гобино в сочинении «О неравенстве человеческих рас», ставшем впоследствии основой расистских теорий, пытался доказать, что расы отличаются не только физически, но и умственно. Гобино считал, что история человечества является историей расовой борьбы.*

1871 г. *Ч. Дарвин в книге «Происхождение человека и половой отбор» доказал, что человек появился в результате развития живой природы и история его становления определялась законами, общими для всех живых организмов.*

1874 г. *Ф. Энгельс в статье «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» впервые отметил определяющую роль труда как первого и основного условия превращения древних человекообразных обезьян в человека.*

§ 1. Человек в системе животного мира



Почему человек относится к млекопитающим животным?

Человек — один из видов царства животных. Он принадлежит к типу хордовых, классу млекопитающих, отряду приматов, семейству гоминид, роду Человек и виду *Человек разумный*. Человек отличается от других животных высокоразвитым мозгом, формирующим его сознание, сложной социальной организацией и трудовой деятельностью.

Сходство человека с животными. Уже по внешнему облику легко заметить сходство человека с наземными позвоночными животными: например, как и у них, тело человека состоит из головы, туловища и двух пар конечностей. Особенно велико сходство человека с млекопитающими: развивающийся зародыш вынашивается внутри тела матери, мать вскармливает младенца своим молоком. На коже человека заметны короткие редкие волосы, напоминающие волосяной покров млекопитающих. Сходство кожного покрова проявляется и в наличии сальных и потовых желез. Эти признаки, а также наличие ушных раковин, ногтей (соответствующих когтям животных), строение зубной системы свидетельствуют о принадлежности человека к млекопитающим. Не меньшее сходство наблюдается при сравнении строения внутренних органов и их систем у человека и других млекопитающих.

Отличие человека от животных. Важнейшими отличительными особенностями человека, сочетание которых присуще только ему, являются: уникальный по своей сложности мозг; прямохождение; подвижные руки, способные выполнять сложнейшие действия; стереоскопическое цветовое зрение (рис. 1). Совокупность этих свойств дает человеку преимущество над остальными представителями животного мира.

Главная особенность современного человека — крупный высокоразвитый головной мозг, масса которого в среднем 1500 г, составляя, таким образом, примерно одну сороковую часть массы тела. Благодаря такому мозгу человек обладает уникальными способностями к обучению, логическому мышлению, управлению речью, точной координации зрения и движения рук.

Человек передвигается на двух ногах, постоянно перенося свой вес с пятки на пальцы ноги. Такое движение требует скоординированной работы мышц спины и ног, особого строения всего скелета. Так, позвоночник человека имеет четыре характерных изгиба, которые позволяют сохранять равновесие и смягчают толчки при ходьбе, беге и прыжках. Череп человека помещается на одной с позвоночником вертикальной оси. В связи с прямохождением у человека мышцы нижних конечностей относительно более мощные, а кости таза и ног — массивнее, чем у четвероногих млекопитающих.

В отсутствие необходимости опираться на передние конечности, человек пользуется чуткими и очень гибкими пальцами рук для ощупывания предметов и манипулирования ими с необходимой силой и точностью. Каждый палец человека обладает значительно большей самостоятельностью и свободой движений, чем, например, у обезьян.

Глаза человека позволяют отчетливо фокусировать изображение, точно определять расстояние до предметов, различать их цвет, форму и яркость. Человек может следить за быстрым перемещением объектов, не поворачивая головы, лишь одним движением глаз.

Тип строения тела и характер физиологических функций организма человека, сформировавшиеся в процессе длительной эволюции, передаются по наследству.

Особенности человека как социального существа. Основное отличие человека от животных состоит не столько в особенностях строения его тела, сколько в социальном (общественном) характере его жизни, систематическом труде и членораздельной речи.

Человек — существо социальное. Используя те или иные орудия труда, человек может гораздо эффективнее воздействовать на окружающую его среду, чем любые другие млекопитающие.



Рис. 1. Особенности тела человека

Вопросы и задания

1. В чем сходство млекопитающих животных с человеком? **2.** Назовите основные отличительные особенности строения человека по сравнению с другими млекопитающими. **3.** Каковы особенности человека как социального существа?

§ 2. Начальные этапы эволюции человека



Какими были предки современного человека?

На основании каких признаков различают древнейших, древних и людей современного типа?

Процесс формирования анатомического типа человека, развития его трудовой деятельности, речи, общественных отношений называют *антропогенезом* (от греч. *антропос* — человек и *генезис* — образование). Антропогенез — раздел *антропологии*, науки о происхождении и эволюции человека.

Эволюция приматов началась около 60 млн лет назад. Около 15—6 млн лет назад группа высших древесных обезьян Африки — *дриопитеков* — дала начало линии *гоминид* (людей). Примерно 5 млн лет назад гоминиды были представлены двуногими человекообезьянами — *австралопитеками* (от лат. *австралис* — южная и греч. *питек* — обезьяна). Они широко распространились в период 4,5—1 млн лет назад (рис. 2). По находкам из Южной и Восточной Африки известно четыре вида этих предшественников современного человека.

Австралопитеки — невысокие существа, с длиной тела 110—115 см и массой 25—50 кг. Однако найдены скелеты и крупных австралопитеков, имевших длину до 180 см и предполагаемую массу тела до 80 кг. Объем мозга австралопитеков равнялся в среднем 530 см³ — это больше мозга крупных обезьян, но в три раза меньше человеческого. Австралопитеки питались грубой растительной и иногда мясной пищей, в какой-то мере осваивая охоту. Добывание мяса требовало создавать и совершенствовать орудия для охоты и разделки туш, а коллективная ловля животных стимулировала развитие общественной организации стада и способов общения.

Возможно, от какой-то австралопитековой формы произошел *человек умелый*, обитавший от 2,5 до 1,5 млн лет назад на территории современных Танзании и Кении (Африка). К роду Человек его относят по совокупности признаков: двуногости, строению кисти, мозга, объем которого превышал 700 см³, способности изготавливать орудия охоты и труда.

В истории развития рода Человек выделяют древнейших людей (архантропов), древних (палеоантропов) и людей современного типа (неоантропов).

Архантроп — человек прямоходящий. Это безусловно гоминид, живший 1,9 млн — 100 тыс. лет назад и широко расселившийся по Старому Свету. Останки архантропов и следы их существования найдены на о. Ява, в Китае и Германии. Длина тела этих людей составляла 160—180 см, а объем мозга достигал 1000 см³. Они имели длинный череп с низким



Рис. 2 История рода Человек

покатым лбом, мощные надбровные валики, выступающие челюсти, крупные зубы с выделяющимися клыками. Человек прямоходящий уже обладал речью, абстрактным мышлением, ловко владел руками для изготовления орудий труда. Например, каменным рубилом он мог за час срубить небольшое дерево и изготовить из него дубину или рогатину. Архантропы жили не только в пещерах с внутренними отгородками, но и в шалашах с опорой на центральный столб. На местах постоянных стоянок использовали огонь. Это позволило им пережить три эпохи оледенения. Архантропы — «дети человечества», которые создали культуру древнего каменного века.

По поводу их дальнейшей судьбы существуют разные точки зрения. Эволюция некоторых архантропов привела сразу к неоантропам, минуя линию палеоантропов, которые произошли от других архантропов.

Палеоантроп — человек разумный неандертальский. Его представители жили 250—35 тыс. лет назад. Объем их мозга достигал 1600 $см^3$. Походка у них была, как у современного человека, кисть крупная и сильная, скелет массивный при небольшом росте (160 см), конечности короткие, телосложение коренастое. Палеоантропы использовали ловчие ямы и применяли каменные остроконечники для охоты на мамонтов, носорогов, бизонов, медведей и других зверей. Изготавливали меховую и кожаную одежду, хоронили умерших, ориентируя тело по сторонам света и помещая в могилу орудия труда, мясо, иногда цветы. Для эпохи неандертальцев среднего каменного века характерно большое разнообразие орудий (свыше 60).

Неоантроп — человек разумный современного типа — кроманьонец. Он появился около 40 тыс. лет назад, вероятно, в Северном и Восточном Средиземноморье и в Передней Азии. С того времени в биологическом отношении человек разумный изменился мало. От других представителей этого рода его отличает округлый, с высоким сводом череп, высокий прямой лоб без надбровного валика, менее развитые челюсти с подбородочным выступом на нижней.

Появление человека современного типа, родового общества и культуры верхнего каменного века — явления одновременные и причинно связанные. Это подтверждают находки орудий из кости и для обработки кости, живопись, графика настенная и на поделках.

Итак, в эволюции гоминид отмечается переход к прямохождению, увеличение объема мозга, развитие руки как органа труда и возникновение членораздельной речи в связи с новым способом поведения — **трудовой деятельностью.**



Что такое человеческие расы?

Расы (от франц. *рас* — порода) — исторически сложившиеся группы людей, различающиеся по внешним признакам строения тела, цвету кожи, глаз и волос, очертаниям головы. Все современные люди — представители одного биологического вида, а человеческие расы — это подвиды, различия между которыми несущественны и характеризуются общностью территории, средой проживания и происхождением.

Выделяют три большие расы и подразделяют каждую из них на несколько малых. Большие расы — *европеоидная, монголоидная* и *австрало-негроидная* (рис. 3). Формирование рас, начавшееся 40—25 тыс. лет назад, связано с миграцией человека, перемещением в разные географические зоны Земли. Представители больших рас имеют характерные признаки, которые появились в результате приспособления людей к определенным условиям окружающей среды. Темная кожа негроидов защищает от ультрафиолетовых лучей при интенсивном солнечном освещении. Светлая

РАСЫ

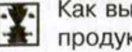
Европеоидная | Монголоидная | Австрало-негроидная

Рис. 3. Основные расы современного человека

окраска кожи европеоидов, наоборот, способствует их проникновению. Узкая глазная щель и складка на веках у монголоидов защищают глаза от ветра, пыли или снега на открытых пространствах степей и полупустынь.

Вопросы и задания

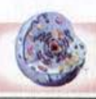
1. В чем сходство и различие австралопитека и человека умелого? **2.** Под влиянием каких факторов формировался человек? **3.** Какие человеческие расы вам известны?



Как вы понимаете выражение «Рука человека — не только орудие труда, но и его продукт»?

Темы сообщений и рефератов

1. Современное место человека в системе органического мира.
2. Отражение проблемы происхождения человека в религии и искусстве.
3. Великие антропологи XIX и XX столетий.
4. Проблемы современной антропологии.



СТРОЕНИЕ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Немного истории...

1543 г. *Итальянский анатом А. Везалий издал книгу «О строении человеческого тела». По тем временам это была наиболее полная и точная работа по анатомии человека.*

1839 г. *Немецкие биологи Т. Шванн и М. Шлейден сформулировали клеточную теорию.*

1857 г. *Немецкий гистолог Ф. Лейдинг заложил основы науки о тканях — гистологии.*

1878 г. *Немецкий исследователь-микроскопист В. Флемминг описал митотическое деление животных клеток.*

§ 3. Клетка — структурная единица организма



Почему клетка является структурной единицей организма?

Организм человека, как и большинства живых существ, состоит из клеток. Это можно увидеть при рассмотрении под микроскопом тонких срезов тканей любого органа.

До середины XX в. клетку изучали только с помощью светового микроскопа, дающего увеличение до двух тысяч раз. С созданием электронного микроскопа было достигнуто увеличение в миллион раз, и ученые смогли исследовать тончайшие детали чрезвычайно сложной клеточной организации.

Химический состав клетки. В клетке можно обнаружить почти все элементы Периодической системы Д. И. Менделеева. В наибольшем количестве в ней представлены водород H, кислород O, углерод C, азот N, натрий Na, калий K, кальций Ca, фосфор P, сера S, хлор Cl, железо Fe. Они образуют относительно простые неорганические соединения — воду и минеральные соли, а также сложные органические молекулы сахаров, жиров, аминокислот и других, из которых строятся клеточные биополимеры — белки, нуклеиновые кислоты, углеводы. Содержание основных веществ в клетке приведено в таблице 1.

Таблица 1

Содержание химических соединений в клетках организма

Химические соединения	%
Вода	75 — 80
Белки	10 — 20
Жиры	1 — 5
Углеводы	0,2 — 2
АТФ и другие органические соединения	0,1 — 0,5
Нуклеиновые кислоты	1 — 2
Неорганические вещества	1,0 — 1,5

Неорганические вещества. Основной средой клетки является вода. В ней протекают все химические процессы, обеспечивающие жизнедеятельность организма. Значение воды определяется ее свойствами как растворителя. Содержание воды зависит от активности клеток: в клетках мозга ее 80%, а в менее активной костной ткани — не более 50%. Вода обеспечивает обмен веществ между клетками и средой.

Минеральные соли — электролиты — регулируют распределение воды внутри и снаружи клетки, участвуют в передаче сигналов в нервной системе.

Органические вещества. Именно они играют главную роль в осуществлении клеточных функций. Молекулы углеводов и жиров состоят

в основном из углерода, водорода и кислорода, а белки, нуклеиновые кислоты и аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) включают еще азот, серу и фосфор.

Белки — сложные высокомолекулярные полимеры, состоящие из более простых молекул — *аминокислот* (АК). В состав белков входит 20 различных видов аминокислот, которые, соединяясь друг с другом в разной последовательности, образуют длинные цепочки (рис. 4). В одной такой цепочке может находиться от нескольких десятков до нескольких сотен аминокислот. Только в одной клетке насчитывают более 3 тыс. различных белков. Белки разных клеток и организмов неодинаковы, специфичны.

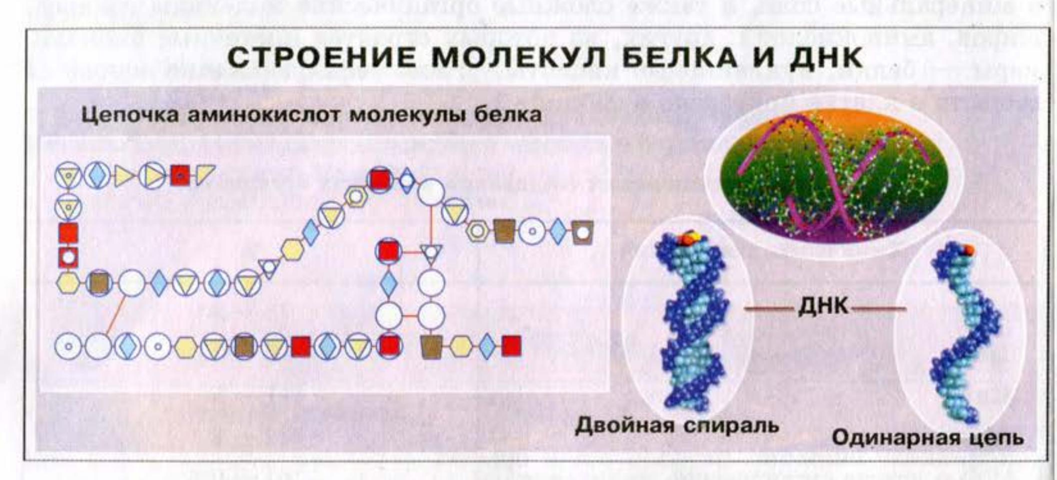


Рис. 4. Основные полимеры клеток

Белки — главный строительный материал любой клетки. Они входят в состав клеточных мембран, цитоплазмы, ядра и органоидов. Многие белки являются биологическими катализаторами, ускоряющими процессы, — ферментами или регуляторами — гормонами. Все виды движения связаны с сократительными белками. Белки участвуют в защите клеток и контактах с внешней средой. Некоторые белки выполняют транспортную функцию, присоединяя и перенося кислород, углекислый газ или другие молекулы.

Нуклеиновые кислоты (от лат. *нуклеус* — ядро) находятся в клеточном ядре и цитоплазме. В клетке встречаются два типа нуклеиновых кислот: *ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота* и *РНК — рибонуклеиновая кислота*. Соединения ДНК с белками образуют *хромосомы*. Они являются носителями наследственных признаков организма. Структура каждой ДНК определяет последовательность аминокислот в синтезируемых клеткой специфических белках. С процессом синтеза связаны и молекулы РНК.

Углеводы — основной источник энергии для жизнедеятельности клетки. Наибольшее значение из них имеет глюкоза. Она растворима в воде и легко окисляется, высвобождая значительное количество энергии. Глюкоза не является строительным материалом, и ее избыток накапливается в виде животного крахмала — *гликогена*.

Жиры, или *липиды*, — сложные соединения глицерина и жирных кислот. Как и углеводы, являются источником энергии. Кроме того, они входят в состав клеточных мембран и ряда органоидов клеток.

АТФ — аденозинтрифосфорная кислота. Это химическое соединение, молекулярные связи которого обладают большой энергией, высвобождаемой при разрыве этих связей. АТФ образуется в результате окисления глюкозы в митохондриях. Запасы АТФ расходуются для различной энергетической деятельности: мышечного сокращения, выработки тепла, синтеза сложных органических соединений и формирования новых органоидов клетки.

Строение клетки. Клетка — единица строения организма (рис. 5). Она состоит из ядра, цитоплазмы и окружена тончайшей клеточной мембраной.

Ядро — обычно расположено в центре клетки и отделено двухслойной мембраной, через которую происходит обмен веществами с цитоплазмой. Ядро заполнено ядерным соком, в который погружены одно или несколько ядрышек и хромосомы.

Цитоплазма — полужидкая среда клетки. В ней находятся *органоиды* — постоянные структуры клетки, имеющие различные функции. Цитоплазма, медленно перемещаясь в клетке, обеспечивает внутриклеточные взаимодействия.

К органоидам принадлежат эндоплазматическая сеть (ЭПС), рибосомы, митохондрии, комплекс Гольджи, клеточный центр, лизосомы.

Эндоплазматическая сеть — система замкнутых мембран, канальцев и полостей. ЭПС осуществляет синтез некоторых веществ и внутриклеточный транспорт, поддерживая двусторонние связи между различными клеточными структурами. *Рибосомы* располагаются на мембранах ЭПС, на которых синтезируются необходимые клетке белки.

Мембранное строение имеют и другие органоиды. *Комплекс Гольджи* участвует в накоплении и выведении продуктов, синтезированных в ЭПС. Митохондрии окисляют органические вещества, образуя молекулы АТФ. Лизосомы содержат ферменты, способные расщеплять сложные белки, жиры, углеводы клеток на более простые органические вещества.

Клеточный центр, расположенный возле ядра, состоит из двух телец цилиндрической формы, которые участвуют в делении клетки.

Наружная клеточная мембрана образована двумя слоями липидов и пронизывающими их белками. Мембрана обеспечивает избирательное



Рис. 5. Клетка — единица строения организма

поступление и выведение веществ. Так, кислород, углекислый газ, вода и спирты свободно проходят через липиды мембраны, ионы — через белковые каналы, а органические молекулы клетка поглощает, подобно амебе.

Проникновение веществ через мембрану осуществляется избирательно: одни вещества проходят только внутрь клетки, другие — только выходят наружу. В зависимости от состояния клетки интенсивность этих потоков меняется.

Вопросы и задания

1. Перечислите функции неорганических веществ в клетке. **2.** Что вы знаете о роли белков в организме? **3.** Какую роль в клетке выполняют жиры и углеводы? **4.** На осуществление каких функций расходуются запасы молекул АТФ? **5.** Назовите органоиды клетки и их функции. **6.** Выполните практическую работу № 1 (с. 275).

§ 4. Клетка — функциональная единица организма

Какие функции выполняет клетка?

Жизнедеятельность клетки. Клетка не только структурная единица организма. Она является и *функциональной* (от лат. *функцио* — исполнение) единицей, поскольку в ней осуществляются все основные жизненные процессы: обмен веществ, рост, развитие, размножение, реагирование на изменения окружающей среды, движение.

Обмен веществ. В клетке с большой скоростью совершается множество химических реакций, совокупность которых составляет *обмен веществ* (рис. 6).



Рис. 6. Химические и энергетические процессы в клетке

В клетку постоянно поступают различные вещества, из которых строятся сложные высокомолекулярные соединения — белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты. Этот процесс называют *биосинтезом* или *пластическим обменом*. Благодаря ему непрерывно обновляются элементы, строятся новые органоиды и клетки. Эти процессы регулируются гормонами и активируются ферментами. Реакции биосинтеза требуют затрат энергии. Энергетический потенциал питательных веществ определяется химическими связями между атомами в их молекулах.

Реакции расщепления органических соединений на более простые называют *распадом*. При распаде вещества заключенная в нем энергия высвобождается.

Высвободившаяся энергия затрачивается на синтез АТФ, которая в дальнейшем обеспечивает все жизненно важные процессы в клетке. Совокупность реакций, обеспечивающих клетку энергией, называют *энергетическим обменом*.

Пластический и энергетический обмены неразрывно связаны и изолированно не протекают. Выделившаяся при распаде энергия используется для биосинтеза и запасается во вновь образованных соединениях. Эти процессы составляют сущность обмена веществ.

Биологически активные вещества клетки. Химические реакции в организме происходят при активном участии ферментов и гормонов.

Все жизненные функции связаны с непрерывными изменениями физического состояния и химического состава веществ.

Течение большинства реакций пластического и энергетического обменов проходит в присутствии биологических катализаторов — *ферментов* (от лат. *ферментум* — закваска). Все они являются белками. Каждый фермент действует в определенной среде: один — только в кислой, другой — в щелочной, а третий — в нейтральной. Активность ферментов зависит от температуры. Оптимальной является +37 °С, при более низкой температуре они менее активны, при более высокой — необратимо теряют свои свойства. Ферменты действуют как внутри, так и вне клетки.

Гормоны (от греч. *гормао* — побуждаю) — органические вещества разной химической природы. Среди них есть и белки, и липиды. Гормоны вырабатываются специальными клетками, образующими железы, и транспортируются кровью к воспринимающим их *клеткам-мишеням*. В отличие от ферментов, гормоны влияют на комплексы биологических превращений и процессов жизнедеятельности, например рост, развитие, обмен веществ.

Рост, развитие и размножение клеток. В процессе жизнедеятельности происходит рост, развитие клеток и их размножение. Ростом называют увеличение объема и массы, развитием — качественные изменения, а размножением — увеличение числа клеток.

За одни только сутки в организме человека погибает и вновь возникает до $5 \cdot 10^{11}$ клеток. Замена погибших клеток, заживление ран, срастание костей при переломах, обновление постоянно слущивающихся клеток кожи, рост организма происходят в результате размножения (деления) клеток.

Реактивность, возбудимость и движение. В ответ на различные воздействия (раздражение) в клетках изменяется обмен веществ. Способность клеток реагировать на внешние или внутренние факторы (раздражители) называют *реактивностью*. В результате клетка переходит на иной уровень активности. В нервных клетках возникают сигналы, распространяющиеся

на другие клетки: мышечные клетки сокращаются, железистые выделяют жидкость — секрет, например слюну. Способность отдельных клеток к специфическим реакциям называют *возбудимостью*.

Реакция цитоплазмы на любое раздражение заключается и во внутреннем перемещении определенных ее составных частей. В результате осуществляется *движение*. Некоторым клеткам крови свойственно амебоидное движение, клеткам дыхательных путей — ресничное.

Вопросы и задания

1. Что такое биосинтез и чем этот процесс отличается от энергетического обмена? **2.** Какую роль играют гормоны и ферменты в обмене веществ клеток? **3.** В чем проявляется движение у некоторых клеток? **4.** Как вы понимаете слова русского физиолога И. М. Сеченова: «Физиолог — это физикохимик, имеющий дело с явлениями животного организма»?


Докажите, что организм человека и каждая его клетка «не склад химических веществ, а живая лаборатория».


НАБЛЮДЕНИЯ И САМОНАБЛЮДЕНИЯ

Расщепление пероксида водорода (перекиси водорода) с помощью ферментов, содержащихся в животных клетках

Возьмите кусочки свежего и вареного мяса, 3%-ный раствор перекиси водорода, 2 стакана объемом по 100 мл. Налейте в стаканы по 30 мл перекиси водорода. Поместите в один из них кусочек свежего мяса, а в другой — вареного. Какие изменения произошли в стаканах? Как можно объяснить их? Сделайте вывод.

§ 5. Клетка — единица развития живого организма


Как размножаются клетки?

Наследственный аппарат клетки. Наследственная информация записана в структуре ДНК. Участок ее молекулы, в котором содержится информация об одном признаке или белке, — это *ген* (от греч. *генос* — происхождение). Молекулы ДНК находятся в ядре и вместе с белками образуют хромосомы. Число хромосом — постоянный видовой признак животных, растений и человека. В ядрах клеток человека содержится 46 хромосом, т. е. 23 пары (рис. 7).

У мужчин и женщин одинаковы 22 пары — это *неполовые хромосомы*. 23-я пара имеет отчетливые половые различия: в клетках женщин находятся две крупные X(икс)-хромосомы, а у мужчин — крупная X-хромосома



Рис. 7. Носители наследственной информации

и поменьше Y(игрек)-хромосома. Хромосомы 23-й пары X и Y называют *половыми*.

Размножение клеток. Число клеток человека увеличивается за счет деления. Существует два основных пути деления — *непрямое*, или *митоз*, и *половое* — *мейоз*.

Для всех клеток, кроме половых, характерно непрямое деление — митоз. При нем хромосомы материнской клетки сначала удваиваются, а затем строго поровну распределяются между двумя дочерними клетками. Таким образом, дочерние клетки — это генетические копии (клоны) материнской. В результате митоза увеличивается число клеток, происходит рост тела.

Митоз продолжается в среднем около 1,5 ч. Рассмотрим его по схеме (рис. 8), на которой для упрощения изображено всего четыре хромосомы.

Делению клетки предшествует процесс удвоения ДНК, в результате которого около каждой молекулы синтезируется ее двойник, копия. Каждая хромосома в этот момент состоит из двух идентичных половинок, которые потом станут хромосомами дочерних клеток. Перед делением ядро увеличивается в размерах, а хромосомы скручиваются в спираль и становятся видимыми в световой микроскоп. Позже ядерная мембрана исчезает, а тельца клеточного центра расходятся к полюсам клетки. Между ними формируются белковые нити — «веретено деления».

На следующем этапе хромосомы выстраиваются по экватору. К ним прикрепляются нити «веретена деления», разводящие равные половинки по полюсам. Каждая половинка становится хромосомой новой клетки. Хромосомы покрываются ядерными мембранами и полностью раскручиваются.

МИТОЗ

Родительская клетка
Ядро
Клеточный центр
Хромосомы
Веретено деления
Веретено деления
Дочерние клетки

Рис. 8. Схема непрямого деления клетки

С этого момента они перестают быть видимыми в световой микроскоп. После формирования ядер цитоплазма перешнуровывается, образуя полностью обособленные клетки.

Но не все клетки способны делиться. Например, нервные клетки и некоторые клетки крови такую способность утратили.

Мейоз — процесс образования половых клеток. При мейозе в два раза уменьшается число хромосом, и в половых клетках человека их остается только 23. При оплодотворении мужская и женская половые клетки сливаются, и число хромосом восстанавливается.

Вопросы и задания

1. Что представляет собой наследственный аппарат клетки? **2.** Какое значение имеет равномерное распределение хромосом между делящимися клетками? **3.** Чем отличается набор хромосом женского и мужского организмов? **4.** Какие способы деления клеток вы знаете? **5.** В чем смысл клеточного деления?



Микроскоп изобретен в XVII в. Почему только в XIX в. установлено клеточное строение организмов? По какой причине клетки растений были открыты раньше, чем клетки животных?

Для любознательных

Организм человека состоит приблизительно из 220 млрд клеток, большинство которых постоянно отмирает и замещается.

Величина клеток человека колеблется от 0,01 мм у нервных клеток до 0,2 мм у яйцеклеток.

Длина ДНК только одной клетки организма человека составляет около 1,8 м.

Число генов, кодирующих последовательность аминокислот в молекулах белков у человека, составляет около 40 тыс.

§ 6. Ткани организма человека



Что такое ткань?

В самом начале развития зародыша человека все его клетки одинаковы, но довольно рано специализируются. У взрослого человека более 200 различных типов клеток, которые можно объединить в четыре группы тканей: *эпителиальные*, *соединительные*, *мышечные* и *нервная*.

Группы клеток, сходных по строению, происхождению и выполняемым функциям, называют *тканью*. В состав ткани входит и межклеточное вещество.



Какие функции выполняют эпителиальные ткани?

Эпителиальные ткани, или эпителии. Покрывают поверхность тела, образуют слизистые оболочки внутренних органов и большинство желез (рис. 9*а*). Эпителии подразделяют на покровные и железистые.

Через *покровные эпителии* совершается обмен веществ. Они выполняют защитную функцию (кожный эпителий), осуществляют выделение, всасывание (кишечный эпителий), газообмен (эпителий легких). Особенностью эпителия является высокая способность к восстановлению после повреждения — *регенерация*.

Эпителиальные ткани занимают пограничное положение и состоят только из однородных клеток, образующих сплошные пласты, одна из поверхностей которых примыкает к соединительной ткани. В эпителиальных пластах нет кровеносных сосудов, поэтому питание и газообмен происходят путем диффузии веществ из прилежащих тканей или внешней среды.

Клетки *железистого эпителия* образуют и выделяют на поверхность кожи, слизистых оболочек или в кровь специфические вещества — *секреты*. Эти вещества выполняют важные функции в организме: защищают поверхность тела, участвуют в переваривании пищи, регулируют работу

внутренних органов, удаляют из организма вредные продукты жизнедеятельности.



Почему соединительные ткани назвали соединительными?

Соединительные ткани — большая и многообразная группа, объединяющая ткани с хорошо развитым *межклеточным веществом.* Различают собственно соединительные ткани, скелетные ткани, кровь, лимфу и жировую

Рис. 9*а*. Типы тканей

ткань. Так, в костной ткани межклеточное вещество твердое и прочное, в хрящевой — прочное и эластичное, а в крови и лимфе — жидкое.

Собственно соединительная ткань почти без исключения присутствует во всех органах. Ее межклеточное вещество состоит из волокон и основного вещества, заполняющего промежутки между клетками и волокнами. Эта бесструктурная полужидкая масса напоминает желе. Такое свойство основного вещества создает условия для циркуляции различных веществ между кровеносными сосудами и клетками.

Скелетные соединительные ткани — хрящевая и костная. Они образованы различными клетками и межклеточным веществом с большим количеством волокон. Скелетные ткани выполняют опорную, защитную, механическую функции, участвуют в минеральном обмене.

Особую группу составляют кровь, лимфа и жировая ткань. Так, *кровь* и *лимфа* состоят из *плазмы* — жидкого межклеточного вещества — и находящихся в ней клеток — *форменных элементов*. Жировая ткань образована клетками с высоким содержанием жира.



Какие ткани обеспечивают движение?

Мышечные ткани. У этих тканей разное происхождение и строение. Они образуют мышцы и объединяются по функциональному признаку — *сократимости*. Это свойство достигает у них наибольшего развития. Сокращение возникает как реакция на воздействие и выражается в укорочении мышцы с последующим расслаблением.

Сокращение мышц вызывает движение тела в пространстве и перемещение одних его частей относительно других, обеспечивает работу сердца, дыхательных и пищеварительных органов. «Движение есть жизнь» — утверждали древние.

Различают гладкую, поперечно-полосатую и сердечную мышечные ткани.

Гладкая мышечная ткань располагается в стенках полых внутренних органов — желудка, кишечника, кровеносных сосудов, протоков желез и др. Она состоит из гладкомышечных клеток. В их цитоплазме находятся белковые сократительные нити, которые при возбуждении смещаются, развивая при этом усилие. Гладкие мышцы сокращаются медленно и непроизвольно, т. е. без контроля сознанием.

Поперечно-полосатая мышечная ткань образует скелетные мышцы и мышцу сердца. Скелетная мышечная ткань построена из волокон, имеющих длину до нескольких десятков сантиметров, тогда как их толщина в пять раз меньше волоса. Каждое волокно имеет множество удлиненных ядер и сократительные белковые нити, которые образуют жесткую конструкцию. Упорядоченное расположение нитей создает чередование светлых

и темных полос, наблюдаемое в микроскоп. Этим объясняется название ткани. Поперечно-полосатые мышцы сокращаются очень быстро, по сигналам из мозга, что делает возможным произвольные движения тела.

Мышца сердца состоит из многоядерных прямоугольных клеток с поперечно-полосатой исчерченностью. В отличие от скелетных волокон, эти клетки имеют контактные участки, благодаря которым сигнал с одной клетки быстро распространяется на соседние, обеспечивая синхронные сокращения больших участков сердечной мышцы. Сокращается сердечная мышца автоматически, по сигналам, которые возникают в самом сердце.



Какие функции выполняет нервная ткань?

Нервная ткань образует нервную систему. В ней различают собственно нервные клетки — *нейроны* — и *глиальные клетки* (рис. 9б).

Глиальные (от греч. *глия* — клей) клетки составляют большинство структурных элементов нервной ткани, заполняя пространство между нейронами. Эти клетки разнообразны по строению и выполняют очень важные функции: опорную, защитную, питательную, создают условия для функционирования нейронов, участвуют в процессах памяти.

НЕРВНАЯ ТКАНЬ

Глиальные клетки
Нейроны
Нервная ткань
Дендриты
Чувствительный нейрон
Тело клетки
Аксон
Ядро
Аксон
Перехваты Ранвье
Двигательный нейрон

Рис. 9б. Нервные и глиальные клетки

Нейрон (от греч. *нейрон* — жила, нерв) — структурная и функциональная единица нервной ткани. Он состоит из тела и отростков. Тела нейронов и глиальные клетки образуют *серое вещество*.

Отростки нейрона различают по длине, строению, форме и функциям. По этим признакам выделяют дендриты и аксон.

Дендрит (от греч. *дендрон* — дерево, ветвь) передает возбуждение к телу нейрона. У одного нейрона может быть от одного до нескольких сотен коротких сильно ветвящихся дендритов. Если в клетке только один дендрит, то он может быть достаточно длинным.

Аксон (от греч. *аксон* — ось) — единственный отросток, который передает информацию от нейрона к следующему нейрону или к исполнительному органу. По всей длине аксон окружен глиальными клетками, выделяющими вещество белого цвета — *миелин*. Вместе они составляют *нервное волокно*. Пучки таких волокон образуют *нервы*, а в мозге — *белое вещество*.

Нейроны различаются по форме, числу отростков и функции. В зависимости от функции выделяют *чувствительные*, *эффекторные* (*двигательные* и *секреторные*) и *вставочные*. Чувствительные нейроны воспринимают раздражения из внешней или внутренней среды, преобразуют их в нервные импульсы и передают в мозг. Эффекторные (от лат. *эффектус* — действие) — вырабатывают и посылают команды к рабочим органам, вызывая их активность: двигательные нейроны вызывают сокращение мышцы, а секреторные — деятельность железы. Вставочные — осуществляют связь между чувствительными и двигательными нейронами, участвуют в обработке поступающей информации и выработке команд.

Каждый нейрон имеет множество специализированных контактов с другими нервными или мышечными клетками. Эти контакты называют *синапсами*. Через них передаются нервные сигналы и команды управления на другие клетки.

Вопросы и задания

1. Какие типы тканей вам известны? **2.** На примере какой-либо ткани объясните взаимосвязь ее строения и выполняемой функции. **3.** По каким признакам различают нейроны? **4.** Выполните практическую работу № 2 (с. 275).

§ 7. Организм человека



Почему организм человека представляет единую систему?

Жизнь — это система, образованная белками и нуклеиновыми кислотами, способная к обмену веществ, самовоспроизведению (размножению) и саморегуляции. Она является центром упорядоченности на Земле.

Всему живому присуще сходство в молекулярном строении, участие в круговоротах элементов и происхождение живого только от живого. Жизнь — созидающая сила: цель жизни — сама жизнь.

Соподчинение систем. Молекулярные системы объединяются по иерархическому принципу соподчинения (по «принципу матрешки»): меньшее в качестве подсистемы составляет большее — систему. Любое явление подчиняется закону иерархии и в то же время является ее продуктом.

Выделяют следующие *биологические системы* — основные уровни организации жизни (рис. 10): *молекулярный* → *клеточный* → *тканевый* → → *органный* → *систем органов* → *организменный* → *надорганизменный*.

Организм и органы. Выделение биологических систем позволяет получить сквозную картину организации жизни. Отдельное существо в этой организации определяют как *организм*. В определение организма, по мнению российского физиолога И. М. Сеченова, должна быть включена и окружающая среда, частью которой он является.

Несмотря на непрерывный обмен веществ, на всех уровнях организации жизни сохраняется постоянство их свойств. Это достигается, во-первых, непрерывной реакцией биологических систем на изменяющиеся внешние условия, что создает устойчивость организма, а во-вторых, самовоспроизведением — передачей наследственных признаков (информации) потомству.

Учитывая постоянство климатических и географических условий, можно сказать, что среду обитания организма составляют другие организмы того же вида, а также растения и животные. В свою очередь, в процессе жизнедеятельности они создают и поддерживают внешнюю среду. В сообществах организмы взаимоприспособлены и существуют до тех пор, пока среда соответствует их наследственным возможностям.

Организмы обладают большими возможностями приспособления к изменениям внешней среды. Однако при резкой и сильной смене условий обитания сохранение параметров жизнедеятельности становится невозможным.

Организм человека состоит из органов. *Орган* (от греч. *органон* — инструмент) — часть тела, выполняющая одну или несколько функций.

В каждом органе часто можно обнаружить все четыре вида тканей, одна из которых является главной — ведущей, рабочей. В мозге — это нервная ткань, в сердце — мышечная, в черепе — костная и т. д., другие ткани выполняют вспомогательные функции.

Органы, находящиеся в полостях тела (рис. 11), называют внутренними. Поскольку органы — это части целостного организма, вне его они работать не могут. В то же время организм способен обходиться без отдельных органов. Об этом свидетельствует, например, хирургическое удаление зубов,

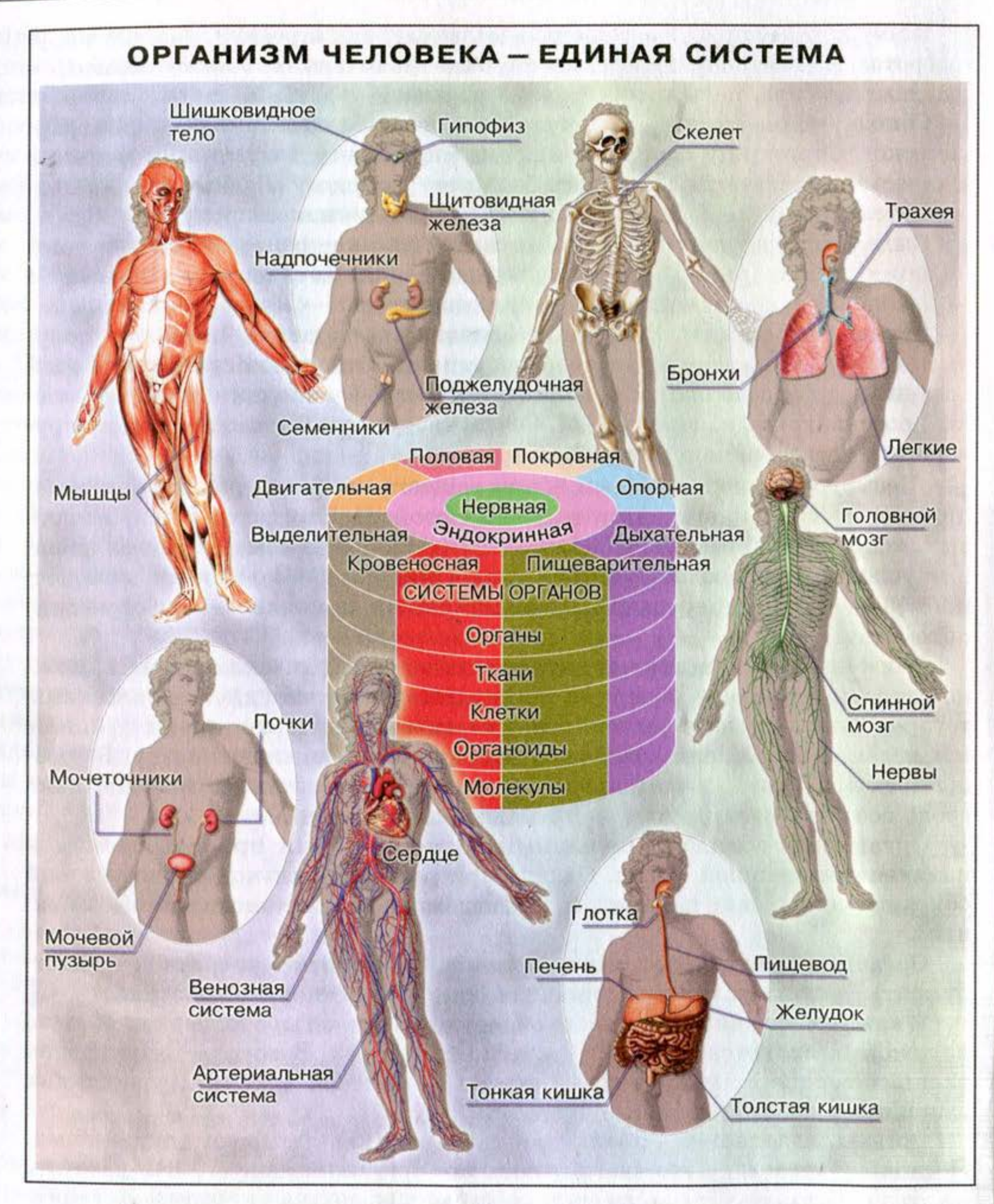


Рис. 10. Соподчинение систем

аппендикса (червеобразного отростка кишки), желчного пузыря или другого органа.

Системы органов. Органы, объединенные выполнением определенных функций, строением и происхождением, составляют *систему органов*.

Покровная система представлена кожей, покрывающей тело снаружи, а также эпителием, покрывающим пищеварительный канал и воздухоносные пути. Она является барьером между человеком и внешней средой, защищая организм от различных внешних воздействий: высыхания, резких колебаний температуры, проникновения инородных веществ и микроорганизмов.

Система опоры и движения представлена большим числом костей (свыше 200), образующих скелет с прикрепленными к нему мышцами. Эта система формирует тело, обеспечивает его опору и движение, защищает внутренние органы.



Рис. 11. Полости тела человека

Пищеварительная система включает в себя пищеварительный канал и пищеварительные железы. Их совместная деятельность обеспечивает поступление пищи, ее переваривание и всасывание питательных веществ, которые кровью доставляются к клеткам и тканям.

Кровеносная система образована сердцем и кровеносными сосудами. Их работа обеспечивает движение крови. В результате осуществляется постоянный приток кислорода и необходимых органических и неорганических веществ к клеткам и тканям, а также освобождение их от конечных продуктов обмена веществ.

Дыхательная система состоит из воздухоносных путей и легких. Она обеспечивает организм кислородом и удаляет углекислый газ.

Выделительная система включает в себя почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал. Она выполняет функцию удале-

ния из организма конечных продуктов обмена веществ, избытка воды, солей, простых органических соединений и ядовитых веществ.

Половая система обеспечивает воспроизведение себе подобных — продолжение рода. Она состоит из половых желез, их выводных протоков и органов, обеспечивающих оплодотворение, а у женщин — еще и вынашивание плода.

Иммунная система представлена органами, активность которых создает иммунитет. К ним принято относить костный мозг, селезенку, вилочковую железу и ряд других.

Эндокринную и нервную системы относят к регулирующим системам.

Эндокринная система — это группа желез внутренней секреции. Они вырабатывают и выделяют в кровь особые химические вещества — гормоны, участвующие в регуляции всех функций организма.

Нервная система образована головным и спинным мозгом, а также нервными узлами и нервами, проникающими ко всем органам. Посредством электрических (нервных) сигналов система регулирует и согласовывает деятельность всех других систем, обеспечивая функционирование организма как единого целого в его постоянном взаимодействии с внешней средой.

Организм как единое целое. Живой организм всегда отвечает на изменения, которые происходят в нем самом и в окружающей его среде. Существование организма было бы невозможно, если бы он не реагировал на недостаток пищи, воды, кислорода, на колебания температуры, на влияние различных вредных веществ.

Реакции любого организма направлены на удовлетворение возникших потребностей, защиту от вредных воздействий, приспособление (адаптацию) к постоянно изменяющимся условиям. Такая целенаправленная деятельность всего организма, его отдельных систем, органов, тканей и клеток получила название *функции*. Важнейшей физиологической функцией организма является *гомеостаз* — устойчивость, сохранение постоянного химического и клеточного состава, структуры и физических свойств, например давления крови, температуры тела и др.

➤ Один из механизмов поддержания гомеостаза был изучен российским ученым П. К. Анохиным. Так, бег вызывает быстрое увеличение содержания в крови углекислого газа и снижение кислорода. Для восстановления нарушившегося равновесия этих газов мобилизуется деятельность дыхательной, сердечно-сосудистой и регулирующих систем. Все эти изменения происходят на фоне активной работы системы опоры и движения и вызваны ею. Такое временное объединение различных систем, направленное на достижение конечного результата (восстановление гомеостаза), П. К. Анохин назвал *функциональной системой*. Функциональная

система представляет более высокий уровень организации, чем система органов.

Вопросы и задания

1. Назовите органы, образующие половую и иммунную системы. **2.** Какие системы органов участвуют в поглощении веществ из окружающей среды? **3.** Каким системам и почему принадлежит ведущая роль в поддержании гомеостаза? **4.** Назовите функции, выполняемые нервной системой.



НАБЛЮДЕНИЯ И САМОНАБЛЮДЕНИЯ

Определение собственного физического развития

Для работы нужны: сантиметровая лента, напольные весы.

Измерьте свой рост сантиметровой лентой. Определите массу тела с помощью напольных весов. Результаты измерений запишите в тетрадь. В конце года повторите измерения. Сравните полученные данные.

§ 8. Внутренняя среда организма и гомеостаз



Что такое внутренняя среда организма?

Подавляющее большинство клеток организма напрямую не контактируют с внешней средой. Их жизнедеятельность обеспечивается внутренней средой, представленной циркулирующими в организме жидкостями: межклеточной (тканевой), с которой клетки непосредственно соприкасаются, кровью и лимфой (рис. 12). Внутренняя среда обеспечивает клетки

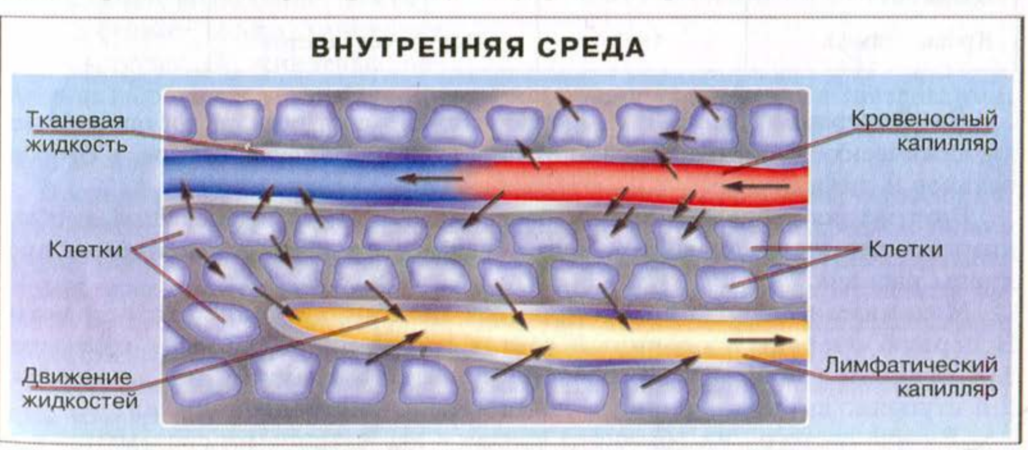


Рис. 12. Циркулирующие жидкости организма

веществами, необходимыми для их жизнедеятельности, через нее удаляются конечные продукты обмена веществ.

Высокая активность клеток и тканей может привести к изменениям во внутренней среде, которые окажутся несовместимы с существованием самих клеток, так как их жизнедеятельность возможна лишь в определенных узких границах.

Для характеристики состояний и процессов, создающих устойчивость в живых организмах, используют понятие гомеостаз. В него входят:

1) состояние внутренней среды, постоянство ее свойств;

2) совокупность реакций и процессов, поддерживающих это постоянство;

3) способность организма противостоять изменениям среды;

4) условие существования, свободы и независимости организмов, ибо «Постоянство внутренней среды — условие свободной жизни» (К. Бернар).

Внутренняя среда — это совокупность циркулирующих в организме жидкостей (кровь, лимфа и межклеточная жидкость), непосредственно соприкасающихся с клетками, участвующими в обмене веществ, химических и физических превращениях (табл. 2).

Таблица 2

Внутренняя среда организма человека

Жидкостная среда	Объем, л	Жидкостное пространство	Уровень гомеостаза
Цитоплазма	30	Внутриклеточное	1
Межклеточное вещество	10	Межклеточное	2
Кровь, лимфа	4—5	Внутрисосудистое	3

➤ Внутренняя среда имеет относительно постоянный состав и физико-химические свойства. Однако это постоянство не абсолютное, а относительное и динамичное.

Внутренняя среда организма обеспечивает клетки веществами, необходимыми для их жизнедеятельности, через нее удаляются конечные продукты распада.

Механизм поддержания гомеостаза напоминает маятник или весы. В первую очередь постоянный состав имеет цитоплазма — гомеостаз 1-й ступени (рис. 13). Это обеспечивается механизмами гомеостаза 2-й ступени: циркулирующими жидкостями, внутренней средой.

В свою очередь, их гомеостаз связан с вегетативными системами, т. е. системами стабилизации состава поступающих веществ и выделения

конечных продуктов обмена веществ. Это 3-я ступень гомеостаза: в организме на относительно постоянном уровне поддерживаются температура, содержание воды, концентрация электролитов, кислорода и углекислого газа, количество питательных веществ и выделяемых продуктов обмена.

В начале XIX в. французский анатом М. Биша разделил все функции живого организма на соматические (или животные) и вегетативные (или растительные). Животные функции включают двигательные реакции тела и чувственное восприятие, а вегетативные — все остальные: пищеварительную, дыхательную и выделительную.

Поддерживающая гомеостаз 4-я ступень — поведенческая. Помимо целесообразных реакций она включает эмоции, мотивации, память, мышление. Эта ступень активно взаимодействует с предыдущей. У животных поведение выражается в выборе пищи, кормовых угодий, мест гнездования, суточных и сезонных миграций и т. п., его суть в восстановлении нарушившегося равновесия.



Рис. 13. Ступени гомеостаза

Организм и окружающая среда. С одной стороны, организм человека постоянно испытывает разрушающее воздействие окружающей среды и только при активном сопротивлении может уцелеть и нормально функционировать. Борьба осложняется конфликтом между процессами синтеза и распада веществ: органоиды или целые клетки образуются и в течение какого-то времени функционируют, а затем распадаются и замещаются новыми.

Процессы синтеза и распада должны быть уравновешены и скоординированы во времени.

С другой стороны, внешняя среда предоставляет материалы, необходимые для новых клеток, вместе с которыми организм получает энергию, а

во внешнюю среду выделяются ненужные организму продукты обмена. Таким образом, взаимодействие организма с внешней средой носит сложный характер.

Вопросы и задания

1. Что составляет внутреннюю среду организма? **2.** Почему показатели внутренней среды поддерживаются на постоянном уровне? **3.** Что такое гомеостаз? **4.** Как можно охарактеризовать взаимоотношения организма и внешней среды? **5.** Какова роль резервов организма?

Высокая надежность жизнедеятельности организма

Надежность функций обеспечивается наличием множества структур, находящихся во взаимодействии между собой и средой. Эти структуры способны к самоорганизации и поиску устойчивых гомеостатических состояний. Так, отдельные элементы организованы в клетке — простейшей структуре, способной к жизнедеятельности. Клетки объединяются в однородные группы — ткани. Далее по функциональному принципу складываются объединения более высоких уровней: органы, системы органов и целостный организм. Взаимодействия и взаимосвязи формируют организм не как простую сумму клеток, а как целостную биологическую систему с большими резервными возможностями.

Надежность создается большими резервами, избыточностью элементов, дублированием одних и тех же функций разными структурами, взаимозаменяемостью и пластичностью, т. е. способностью к перестройкам.

Избыточность обнаруживается в числе нейронов или эритроцитов крови, запасе прочности костей, силе мышц. Количественные и качественные запасы в организме позволяют ему работать не на пределе своих возможностей.

Практически все функции организма дублируются. Это проявляется в наличии парных органов и выполнении одной функции различными системами: в этом случае парные системы работают совместно. Наличие нескольких систем обеспечения энергией также повышает надежность. Примером дублирования являются механизмы поддержания газового состава крови. Газовый гомеостаз достигается частотой и глубиной дыхания, усилением работы сердца, увеличением объема движущейся по сосудам крови. Разные системы работают взаимозависимо.

Иногда условия окружающей среды меняются так сильно, что поддержание функций на прежнем уровне становится невозможным. Жизнь на равнине или высоко в горах, в жаркой пустыне или в Заполярье предъявляет организму разные требования. Даже длительная и интенсивная физическая работа нуждается в стабилизации таких показателей, как температура и давление крови на новом уровне. В этом случае те или иные физиологические показатели могут целенаправленно изменяться, чтобы обеспечить наилучшее приспособление человека к новой среде.

Биологическая система

Ученые определяют организм как открытую систему. «Открытая», потому что находится в постоянном взаимодействии с внешней средой. А «система», потому что сложное объединение взаимодействующих элементов, частей, работающих по следующим принципам: *самоорганизация* — распределение функций, обязанностей между отдельными частями; *интеграция* — объединение частей для выполнения общей задачи и *саморегуляция* — способность реагировать на внешние воздействия для достижения максимальной устойчивости (стабильности).

Интеграция клеток в целостный организм, создание его структуры и поддержание режима деятельности, т. е. гомеостаза, осуществляется путем управления. Общие закономерности процессов управления, возникшего с появлением жизни, изучает наука *кибернетика* (от греч. *кибернетик* — искусство управления).

Основная форма управления в живой природе — это *автоматическое регулирование*, или *саморегуляция*.

Регулятор — это структура, которая вырабатывает управляющие сигналы. Саморегуляция осуществляется посредством сигналов обратной связи от регулируемой системы к регулирующей. Сигнальные устройства (рецепторы) контролируют показатели гомеостаза и при отклонении от заданного уровня (константы) посылают сигналы в систему управления. Там вырабатывается управляющее воздействие к управляемой системе, и показатель возвращается на прежний уровень. Процесс регулирует сам себя по схеме замкнутого кольца (рис. 14).



Рис. 14. Принцип регуляции функций



Рис. 15. Регуляция содержания сахара в крови

Все важные для жизнедеятельности организма показатели внутренней среды — давление крови, содержание в ней углекислоты, кислорода, электролитов, глюкозы, температура — гомеостатичны.

Например, дефицит глюкозы в крови усиливает ее образование и выделение в кровь печенью (рис. 15). Однако чем больше глюкозы поступает в кровь, тем меньше ее выделяется из печени.

Саморегуляция происходит на фоне постоянного взаимодействия с внешней средой, которая изменяется во времени и пространстве. Так, в холодную погоду выделяется больше энергии на образование тепла, летом для сохранения той же температуры выработка тепла уменьшается и увеличивается его отдача всеми возможными способами.

Вопросы и задания

1. Объясните смысл утверждения «организм — открытая система». **2.** Перечислите основные принципы системности. **3.** Как основные принципы системности проявляются в организме человека? **4.** В чем заключается роль обратной связи в организме?



Клод БЕРНАР (1813—1878). Французский естествоиспытатель, физиолог, член Парижской Академии наук, а с 1869 г. ее президент. Его исследования были посвящены физиологии нервной системы, пищеварения и кровообращения, анатомии и физиологии пищеварительных желез, нервной регуляции сосудов, углеводного обмена, переваривающих свойств пищеварительных соков, превращению гликогена. Создатель учения о гомеостазе.
Иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук (с 1860 г.).

Темы сообщений и рефератов

1. История открытия и изучения клеточного строения организмов.
2. Развитие научных представлений о гомеостазе.
3. Факты, теории и законы в науке о человеке.

НЕРВНАЯ СИСТЕМА



Немного истории...

1635 г. *Французский философ, математик, физик и естествоиспытатель Р. Декарт в работе «Описание человеческого тела» изложил свое представление о рефлекторной деятельности организма.*

1664 г. *Английский врач и анатом Т. Виллизий опубликовал работу «Анатомия головного мозга с добавлением к ней описания и функций нервов».*

1751 г. *Английский анатом, физиолог Р. Витт открыл значение спинного мозга как нервного центра, управляющего некоторыми движениями животных.*

1784 г. *Чешский физиолог и анатом Я. Прохаска употребил термин «рефлекс» для объяснения процессов, происходящих в нервной системе.*

1811 г. *Шотландский анатом, физиолог и хирург Ч. Белл в опытах на животных установил, что передние корешки спинномозговых нервов содержат двигательные волокна, а задние — чувствительные.*

1898—1905 гг. *Английский физиолог Д. Ленгли описал вегетативную нервную систему, а также подразделил ее на симпатический и парасимпатический отделы.*

1906 г. *Английский физиолог Ч. С. Шеррингтон в книге «Интегративная роль нервной системы» изложил теорию, согласно которой при реализации рефлексов вся нервная система действует как одно целое.*

§ 9. Значение и организация нервной системы



Почему нервная система является ведущей системой организма?

Значение нервной системы. Под нервной системой понимают совокупность взаимодействующих структур (глиальных клеток и нейронов), объединенных выполнением некоторых общих функций в организме.

Действия нервной системы направлены на поддержание гомеостаза. Она связывает, согласует и упорядочивает деятельность отдельных органов через изменение уровня их активности, формирует целенаправленное поведение. В целом нервная система обеспечивает эффективное приспособление человека к среде существования как социального существа, обладающего сложной и тонкой психикой.



Рис. 16. Строение нервной системы

Отделы нервной системы. По положению в организме выделяют *центральную нервную систему* (ЦНС) и *периферическую нервную систему* (ПНС).

Подразделение нервной системы на центральную и периферическую в известной степени условно, так как нервная система одна и функционирует как единое целое (рис. 16).

К центральной относят головной и спинной мозг, где находятся тела нервных клеток и синапсы, создающие контакты между ними. Благодаря многочисленным отросткам в ЦНС формируются цепи, сети и нервные центры.

Периферическая нервная система представлена нервами, отходящими от головного и спинного мозга, нервными узлами, сплетениями.

Нервы (от лат. *нервус* — струна, жила) — это покрытые соединительной тканью пучки длинных нервных волокон, выходящие за пределы головного и спинного мозга. От головного мозга отходят 12 пар черепно-мозговых нервов, а от спинного — 31 пара спинномозговых нервов. Почти все нервы смешанные, составленные из чувствительных и двигательных волокон, проводящих сигналы от рецепторов в мозг и команды управления к исполнительным органам.

Нервными узлами называют скопления нейронов вне центральной нервной системы. Одни нервные узлы принимают первичную информацию и передают ее в центральную нервную систему. Другие — обрабатывают сигналы, поступающие из ЦНС к внутренним органам.

По выполняемым функциям нервную систему подразделяют на соматическую и вегетативную.

Соматическая (телесная) нервная система организует функции скелетных мышц, кожи, осуществляет восприятие внешних раздражений, управляет произвольными движениями, т. е. сознательными и волевыми, например: хочу встать — встаю, хочу пойти — иду.

Вегетативная (автономная) нервная система регулирует функции всех внутренних органов, гладкой мускулатуры сосудов, желёз и обмен веществ. Деятельность этой системы не зависит от сознания, осуществляется самостоятельно, автономно.

Вопросы и задания

1. Назовите основные функции нервной системы. **2.** Какие отделы выделяют в нервной системе, на чем основывается их разделение? **3.** Перечислите функции соматической и вегетативной нервных систем. **4.** Что входит в состав периферической нервной системы? **5.** Почему в процессе эволюции животных произошло разделение нервной системы на соматическую и вегетативную?

§ 10. Рефлекторная деятельность организма



В чем биологическое значение рефлекса?

Рефлекс. Целенаправленная деятельность организма выражается в рефлекторном акте (рефлексе), который является основной формой нервной деятельности. *Рефлекс* (от лат. *рефлексус* — отражение) — целостная реакция всего организма на раздражение, осуществляемая центральной нервной системой. Рефлекс проявляется в произвольных и непроизвольных движениях, в изменениях деятельности внутренних органов, в чувствительности, эмоциях и поведении.

В организме человека имеются специализированные структуры и нервные окончания, чувствительные к раздражителям, — *рецепторы*. Каждый тип рецепторов избирательно воспринимает определенный раздражитель: холод, тепло, звук, прикосновение, свет, давление и пр.

При раздражении в рецепторах возникает возбуждение: рецепторы преобразуют энергию раздражителей в нервные сигналы электрической природы. Полученная и преобразованная рецепторами информация кодируется в виде электрических импульсов и передается по всей длине волокон *чувствительных нейронов* до места контакта с другой нервной клеткой.

Там сигнал передается или на *вставочные нейроны*, а от них — к *двигательным нейронам*, или непосредственно от чувствительных нейронов на двигательные. Эти нейроны помещаются в ЦНС — в спинном и головном мозге — и образуют *нервный центр* рефлекса. В нем после обработки поступившей информации формируется команда управления. По волокнам двигательных нейронов она поступает к *исполнительному (рабочему) органу*. Так, в мышечной системе электрический сигнал вызывает сокращение мышц. Рабочими органами в разных рефлекторных реакциях могут быть скелетные мышцы, гладкие мышцы внутренних органов, железы.



Что является основой рефлекса и чем она представлена?

Рефлекторная дуга. Анатомической основой рефлекса служит рефлекторная дуга, которая представляет собой цепь связанных нервных клеток, обеспечивающих проведение нервных импульсов от рецептора к рабочему органу. В этой цепи выделяют пять звеньев (рис. 17): 1) рецептор, воспринимающий внешние (или внутренние) воздействия и вырабатывающий нервные импульсы; 2) чувствительный центростремительный путь, образованный отростками чувствительных нейронов, по которым нервные сигналы

РЕФЛЕКС

Кожные рецепторы

Чувствительный путь

Нервный центр

Двигательный путь

Рабочий орган

Трехнейронная рефлекторная дуга

Нервный центр

Чувствительный путь

Двигательный путь

Рабочий орган

Мышечные рецепторы

Двухнейронная рефлекторная дуга

Рис. 17. Рефлекторные дуги

достигают нервных центров в мозге; 3) нервный центр, включающий вставочные и двигательные нейроны. Вставочные нейроны обрабатывают поступающие сигналы и направляют их к двигательным нейронам, которые вырабатывают команды; 4) центробежный путь, образованный волокнами двигательных нейронов, по которым нервные импульсы проводятся к рабочему органу; 5) рабочий орган — мышца или железа.

Для осуществления рефлекторного акта необходима целостность всех частей рефлекторной дуги.

Рефлекс обеспечивает тонкое, точное и совершенное приспособление организма к постоянно изменяющимся условиям среды. В этом и заключается его главное биологическое значение.

➤ **Рефлекторное кольцо.** Рефлекторный акт не заканчивается реакцией рабочего органа, например, сразу после сокращения мышцы. Во время рефлекторного действия возбуждаются рецепторы рабочего органа, и от них в центральную нервную систему по чувствительным путям поступает информация о достигнутом результате или состоянии в данный момент. Эти вторичные чувствительные пути являются каналом обратной связи. Рабочий орган сообщает о своем текущем состоянии нервным центрам, и они вносят поправки в действия нервной системы и самого рабочего органа. Из-за наличия обратной связи рефлекс в действительности осуществляется не по рефлекторной дуге, а по рефлекторному кольцу (кругу), замыкаемому обратной связью.

Нервные цепи, сети. Любой рефлекс осуществляется при участии множества нейронов. Он возникает при раздражении не одного, а многих рецепторов, при этом в возбуждение вовлекается множество вставочных нейронов. Вставочные нейроны образуют разветвляющиеся последовательные и параллельные соединения — нейронные цепочки и сети. По ним сигналы быстро распространяются, достигая разных отделов центральной нервной системы, вовлекая в активность множество органов. Поэтому правильнее говорить, что структурную основу рефлекторной реакции составляют нейронные цепи и сети из чувствительных, вставочных и двигательных нейронов.

Рене ДЕКАРТ (1596—1650). Французский философ, физик, математик и естествоиспытатель. Основные научные работы — в области биологии и физиологии — посвящены исследованию структуры и функций организма. Декарт предложил ряд механистических теорий для объяснения боли, голода, жажды, зрения, памяти. Впервые разработал теоретическую схему безусловного рефлекса. Ввел в широкое научное использование рефлекторный принцип. Описал в трактате «О человеке» (1644) организм как некий механический автомат, в котором разделял душу и тело.



Так как в любом рефлексе участвуют группы нейронов, передающие импульсы в различные отделы мозга, в рефлекторную реакцию вовлекается весь организм.



Почему рефлексы человека и животных так разнообразны?

Классификация рефлексов. Нервная деятельность складывается из рефлексов различной степени сложности. Российский ученый И. М. Сеченов первым понял, что все сознательные и бессознательные акты являются рефлекторными.

Примером относительно простого рефлекса является коленный рефлекс. Он возникает при ударе по сухожилию одной из самых крупных мышц бедра ниже коленной чашечки. От удара мышца растягивается, в ее рецепторах возникает возбуждение, которое передается в спинной мозг прямо на двигательный нейрон, посылающий к той же мышце электрические импульсы. Они вызывают сокращение мышцы и разгибание ноги. Рефлекторная дуга разгибательного коленного рефлекса двухнейронная: состоит всего из двух нейронов — чувствительного и двигательного. По такой схеме осуществляются рефлексы на растяжение мышцы и ряд других сухожильных разгибательных рефлексов, например ахиллов рефлекс. Прямая и обратная связи осуществляются по одному и тому же пути.

Сгибательные рефлексы более сложные, трехнейронные. В их рефлекторных дугах, как минимум, по три нейрона: чувствительный, один или несколько вставочных и двигательный. Например, в момент прикосновения руки к горячему предмету происходит отдергивание руки и возникает ощущение боли. При сгибательном рефлексе сигналы от тепловых и болевых рецепторов кожи по волокнам чувствительных нейронов поступают в спинной мозг на вставочные нейроны, передаются на двигательные, а от них — к мышцам-сгибателям руки. Вставочные нейроны обеспечивают проведение сигналов в головной мозг, где возникают ощущения и опознается раздражитель. Сгибательные рефлексы имеют защитный характер. Прямая и обратная связи в таких рефлексах осуществляются по разным путям.

Рассмотренные рефлексы являются врожденными, их можно наблюдать даже у плода и новорожденного.

Человек обладает относительно постоянным набором врожденных рефлексов. Некоторые из них представлены в таблице 3.

Врожденные рефлексы генетически запрограммированы и формируются еще в утробном периоде. Они имеют готовые рефлекторные дуги, и для их осуществления не требуется никаких особых дополнительных условий. Российский физиолог И. П. Павлов назвал их *безусловными рефлексами*. Другие же рефлексы возникают при определенных условиях, а их рефлек-

торные дуги формируются путем образования новых связей нейронов в коре мозга — это *условные рефлексы*. Они приобретены индивидуально и лежат в основе обучения различным навыкам, приобретения индивидуального опыта и поведения.

➤ Рефлексы классифицируют: 1) по биологическому проявлению — двигательные, оборонительные, пищевые, половые, ориентировочные, гомеостатические и др.; 2) по рецепторам или органам чувств, которые их вызывают, — зрительные, слуховые, вкусовые, тактильные, температурные и др.; 3) по типу — соматические и вегетативные; 4) по отделам мозга, в которых замыкаются их дуги, — рефлексы спинного мозга, продолговатого, среднего и других отделов головного мозга; 5) по ведущим системам органов — рефлексы дыхательной, сердечно-сосудистой, пищеварительной, выделительной, половой и двигательной систем.

Таблица 3

Врожденные рефлексы спинного и головного мозга человека

Название рефлекса	Раздражение	Рефлекторный ответ
Ахиллов	Удар молоточком по сухожилию икроножной мышцы	Разгибание стопы
Рефлексы на растяжение	Растяжение конечностей	Повышение тонуса (напряжение мышц-сгибателей)
Подошвенный	Раздражение кожи подошвенной части стопы	Сгибание стопы и пальцев
Перекрестные	Сгибание ноги в коленном суставе	Увеличение тонуса разгибателей другой ноги
Сосательный	Прикосновение к губам грудного ребенка	Сосательные движения
Зрачковый	Освещение ярким светом глаз	Сужение зрачка
Защитные дыхательные рефлексы	Попадание пыли в носовую полость	Чихание, кашель
Ориентировочные	Неожиданный световой или звуковой стимул	Поворот глаз, головы и тела в направлении раздражителя

Приведенных сведений достаточно для понимания относительности классификаций: каждая основывается на каком-либо критерии, а организм владеет спектром реакций на различные воздействия, обеспечивающих его приспособление в разных условиях, надежность функционирования и устойчивость.

Вопросы и задания

1. Дайте определения понятий «рефлекс» и «рефлекторная дуга». **2.** Из каких звеньев и нейронов состоит рефлекторная дуга? **3.** Какую роль играет обратная связь в рефлекторных реакциях? **4.** В чем сходство и различие безусловных и условных рефлексов? **5.** Объясните на примерах значение безусловных рефлексов в жизни человека.



Вспомните, с какими рефлексами беспозвоночных и позвоночных животных вы ознакомились при изучении зоологии. Приведите примеры, показывающие, как по мере усложнения нервной системы у животных усложняется их поведение.

Сигнализация в организме

Функции управления в организме осуществляются посредством сигнализации — передачи сигналов. Сигналы несут информацию о событии, состоянии либо передают команды, указания, оповещают.

Для живых организмов характерны два способа сигнализации: 1) химический — посредством гормонов и других биологически активных веществ; 2) нервный — путем распространения нервных импульсов по нервным волокнам.

Нервная сигнализация, в отличие от химической, характеризуется высокой точностью, быстрым действием при формировании и передаче сигнала, кратковременностью и небольшими затратами энергии. Эти способы сигнализации столь же различны, как передача сообщения электронной почтой или письмом.

Природа мембранного потенциала. Нервная клетка способна воспринимать, трансформировать и передавать раздражения. Эта способность — возбудимость. При этом изменяется ее электрическое состояние. Любая живая клетка электрически заряжена: между ее наружной и внутренней поверхностями имеется разность *потенциалов*.

Биоэлектрические явления открыты итальянским врачом и физиологом Л. Гальвани. Его представления были подтверждены с помощью микроэлектродной техники (рис. 18), позволившей зарегистрировать разность потенциалов в 70—90 мВ по обе стороны мембраны. Такой *мембранный потенциал* (МП) представляет собой запас энергии, которая реализуется в активном процессе возбуждения и является условием активации нейрона.

МП обусловлен избирательной проницаемостью мембраны, которая разделяет ионы: снаружи преобладают ионы Na^+, а внутри ионы K^+. Свободно выходящие из клетки ионы K^+ выносят положительный заряд, поэтому внутри создается отрицательный. Поступающие в клетку в небольших количествах

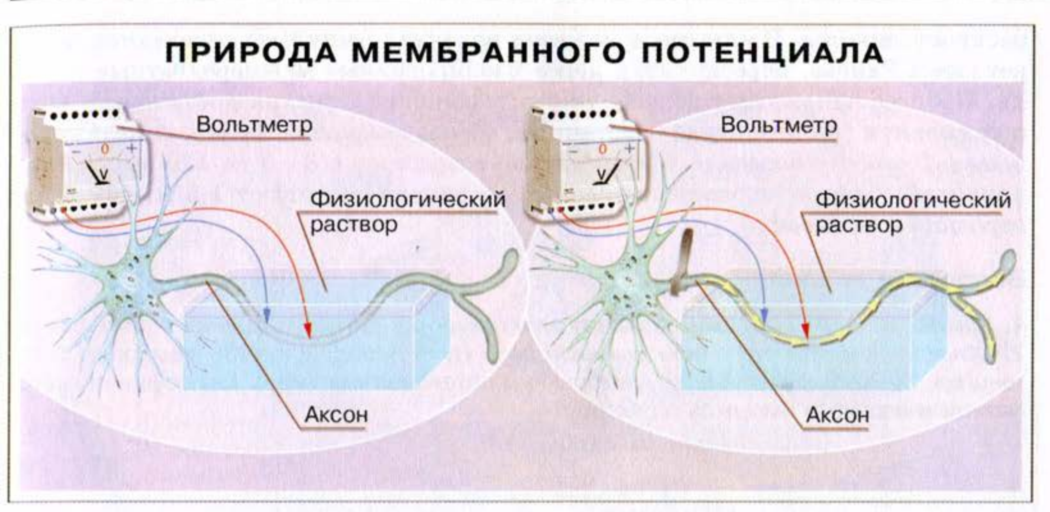


Рис. 18. Электрический потенциал нервной клетки в состоянии покоя и при возбуждении

ионы Na^+ уменьшают ее отрицательный заряд. Однако имеющиеся в мембране ферменты постоянно удаляют их и аккумулируют ионы K^+. Таким образом они препятствуют выравниванию зарядов и сохраняют электрический потенциал мембраны.

Ферменты обеспечивают движение ионов при значительных затратах энергии. На электрическую «подзарядку» возбудимых клеток организм расходует 20—25 % энергетических запасов.

При раздражении — электрическом, механическом или химическом воздействии на нейрон — возрастает проницаемость для ионов Na^+. Они сначала медленно, а по достижении некоторого критического уровня лавинообразно устремляются в клетку. Их диффузия обусловлена большой концентрацией ионов снаружи и отрицательным зарядом внутри клетки. В результате МП уменьшается до нуля, а потом становится положительным. Позднее мембрана ограничивает поступление Na^+, накопившиеся ионы усиленно выкачиваются ферментами-«насосами» и МП восстанавливается.

Быстрые изменения заряда мембраны называют нервным импульсом или потенциалом действия (ПД). На одиночное раздражение нейрон реагирует серией импульсов, частота которых зависит от его силы.

Итак, нейрон преобразует раздражение в последовательность нервных импульсов, одинаковых по величине и длительности, но различающихся по частоте и интервалам между ними. Таким образом, он кодирует характеристики воздействия.

Передача нервного импульса. Возбужденный участок аксона активирует соседний, невозбужденный, порождая в нем новый импульс. Так возбуждение

распространяется. В мякотных нервных волокнах импульсы передаются по перехватам Ранвье, перескакивая через изолированные межперехватные участки. Процесс напоминает передачу по телефонной линии, на протяжении которой имеются усилительные подстанции, обеспечивающие незатухание возбуждения. Скорость передачи в этом случае возрастает с 3—5 до 120 м/с. Самые длинные миелинизированные аксоны — волокна достигают 1,5 м, но сигнал передается мгновенно.

Вопросы и задания

1. Какими преимуществами обладает электрическая сигнализация над химической? **2.** Объясните механизм, с помощью которого удается поддерживать мембранный потенциал. **3.** Почему нарушается мембранный потенциал клетки? **4.** Как осуществляется передача нервного импульса по аксону?

§ 11. Строение и функции спинного мозга



Почему спинной мозг является частью центральной нервной системы?

Строение спинного мозга. Спинной мозг расположен в канале позвоночного столба и представляет собой цилиндрическую уплощенную трубку с двумя утолщениями. Длина спинного мозга около 45 см (с узкой полостью — *центральным каналом*), его диаметр примерно 1 см (рис. 19). Вверху он переходит в продолговатый мозг, а внизу заканчивается на уровне первых поясничных позвонков. Спинной мозг находится в специальной спинномозговой жидкости, которая обеспечивает питание, гомеостаз и амортизирует толчки и сотрясения.

Спинной мозг защищен тремя оболочками: наружной твердой, примыкающей к ней паутинной и прилегающей непосредственно к мозгу мягкой (сосудистой). Между паутинной и мягкой оболочками имеется полость, заполненная спинномозговой жидкостью. Эту жидкость исследуют врачи, проводя пункцию (прокол). Узкий центральный канал также заполнен жидкостью.

На поперечном разрезе спинного мозга ясно выделяется серое вещество, занимающее всю его центральную часть. Оно имеет вид летящей бабочки или буквы Н. Выросты, обращенные вперед, называют *передними рогами*, а обращенные назад — *задними*. В грудном отделе спинного мозга есть еще и *боковые рога*. Серое вещество окружено белым веществом, образованным длинными отростками нейронов — нервными волокнами. Они расположены вдоль спинного мозга и формируют его проводящие пути в восходящем и нисходящем направлениях.



Рис. 19. Расположение и строение спинного мозга

Спинной мозг состоит из 31 сегмента. От каждого сегмента ответвляется по паре передних и задних корешков. Передние образованы волокнами двигательных нейронов, а задние — чувствительных. Корешки по выходе из позвоночного канала сливаются и образуют смешанный спинномозговой нерв. От спинного мозга отходит 31 пара спинномозговых нервов к правой и левой сторонам тела. Из них — 8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых, 1 копчиковый. В спинном мозге имеется шейное и поясничное утолщения, сформированные скоплениями нейронов, образующих периферические нервы.

Функции спинного мозга. Спинной мозг осуществляет относительно простые двигательные реакции тела. В этом выражается его *рефлекторная функция*. В сером веществе спинного мозга замыкаются рефлекторные дуги большинства двигательных рефлексов.

Спинной мозг регулирует скелетную мускулатуру туловища и конечностей, в нем расположены некоторые центры вегетативной нервной системы. Мочеиспускание, дефекация (выделение каловых масс), рефлексы половых органов связаны с функцией крестцового отдела. Деятельность сердца, просвет сосудов, работа органов дыхания регулируются грудным отделом.

Проводниковая функция спинного мозга заключается в том, что импульсы от рецепторов, поступающие в спинной мозг по волокнам задних корешков, передаются по восходящим путям к вышележащим отделам и к головному мозгу. Из вышележащих отделов центральной нервной системы спинной мозг получает сигналы, которые влияют на деятельность скелетной мускулатуры и внутренних органов.

Связь спинного и головного мозга. Центры спинного мозга работают под контролем головного мозга. Импульсы, поступающие по нисходящим путям, стимулируют деятельность двигательных центров спинного мозга, поддерживают мышечный тонус, являются командами к произвольным, волевым действиям. При повреждении позвоночника часто нарушается связь между головным и спинным мозгом — наступает паралич. При этом рефлекторная деятельность спинного мозга прекращается, и произвольные движения становятся невозможными.

Вопросы и задания

1. Опишите внешнее и внутреннее строение спинного мозга. **2.** Назовите основные функции спинного мозга. **3.** Почему человек с травмированным спинным мозгом лишается чувствительности и движения? **4.** Что представляют собой спинномозговые нервы и почему они являются смешанными? **5.** Приведите примеры спинномозговых рефлексов человека.

Для любознательных

У холоднокровных животных возбуждение по нервным волокнам проходит со скоростью 0,2—50 м/с, а у теплокровных — 0,5—120 м/с.

Нерв обычно состоит из 1—10 тыс. нервных волокон: в зрительном нерве их более 1 млн.

Общая площадь коры больших полушарий у человека составляет около 83 500 мм^2, у шимпанзе — 24 000 мм^2, у собаки — 6500 мм^2, у кролика — 850 мм^2, у крысы — 250 мм^2.

§ 12. Головной мозг



Какие отделы выделяют в головном мозге?

Головной мозг расположен в полости мозгового отдела черепа и покрыт, как и спинной мозг, тремя оболочками. Масса головного мозга новорожденного составляет около 30 % массы мозга взрослого человека.

Анатомически в головном мозге выделяют пять отделов: *продолговатый, задний (мост и мозжечок), средний, промежуточный* и *конечный* (рис. 20). Два последних отдела объединяют под названием *передний мозг.*

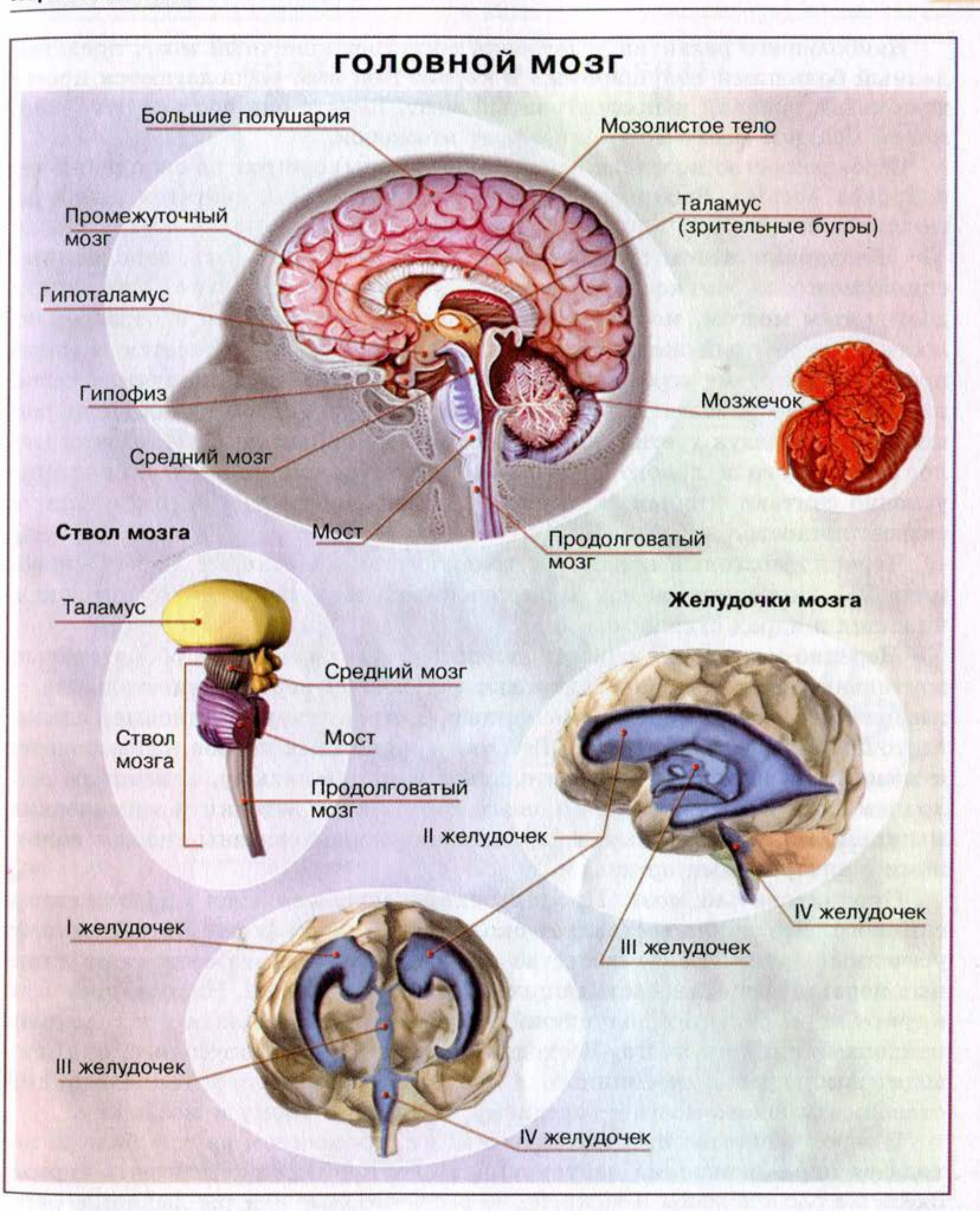


Рис. 20. Отделы головного мозга

Наибольшего развития у человека достигает конечный мозг, представленный большими полушариями и корой. Под ним располагаются промежуточный, средний и продолговатый мозг. Вместе они составляют *ствол мозга*. Сзади к мосту мозга прилегает мозжечок.

Серое вещество мозга (за исключением коры) состоит из скоплений тел нейронов — *ядер*. Выделяют ядра переключательные, двигательные и вегетативные.

▶ **Желудочки мозга.** Центральный канал спинного мозга, заполненный спинномозговой жидкостью, продолжается в головном мозге. Между продолговатым мозгом, мостом и мозжечком он расширяется и образует полость — четвертый желудочек мозга. Затем он снова сужается и узким протоком проходит через средний мозг. Эта часть канала получила название водопровода мозга. На уровне промежуточного мозга канал вновь расширяется, образуя третий желудочек. К нему примыкают желудочки (полости) правого и левого полушарий. Желудочек правого полушария условно считают вторым, а левого — первым, несмотря на их внешнюю симметричность. ◀

Черепно-мозговые нервы. От головного мозга отходят 12 пар нервов (рис. 21). Большинство их, кроме обонятельного, начинается или заканчивается в ядрах ствола мозга.

▶ Черепно-мозговыми нервами являются: чувствительные, обонятельные, зрительные и преддверно-улитковые (слуховые) нервы; двигательные — глазодвигательные нервы; смешанные — тройничные, лицевые, языкоглоточные, блуждающие и др. Веточки тройничных нервов направляются к коже лица и головы, к жевательным мышцам, языку, слизистым оболочкам носа и к губам. От лицевых нервов идут веточки к мимическим мышцам. Языкоглоточные и блуждающие нервы связаны своими волокнами с внутренними органами. ◀

Продолговатый мозг. Продолговатый мозг является продолжением спинного. Его длина составляет около 25 мм, а по форме он напоминает усеченный конус. Белое вещество продолговатого мозга состоит из длинных нервных волокон нисходящих и восходящих путей. Нисходящие пути идут от коры больших полушарий и ствола к двигательным и вставочным нейронам спинного мозга. Восходящие пути — чувствительные, они проводят возбуждение от спинного и продолговатого мозга к вышележащим отделам головного мозга — среднему, промежуточному и мозжечку.

В сером веществе продолговатого мозга, рассеянном внутри белого, находятся ядра (скопления нейронов) четырех пар черепно-мозговых нервов. Здесь же расположены и важнейшие рефлекторные центры дыхания, регуляции деятельности сердца и сосудов, слюноотделения, пищеварительной

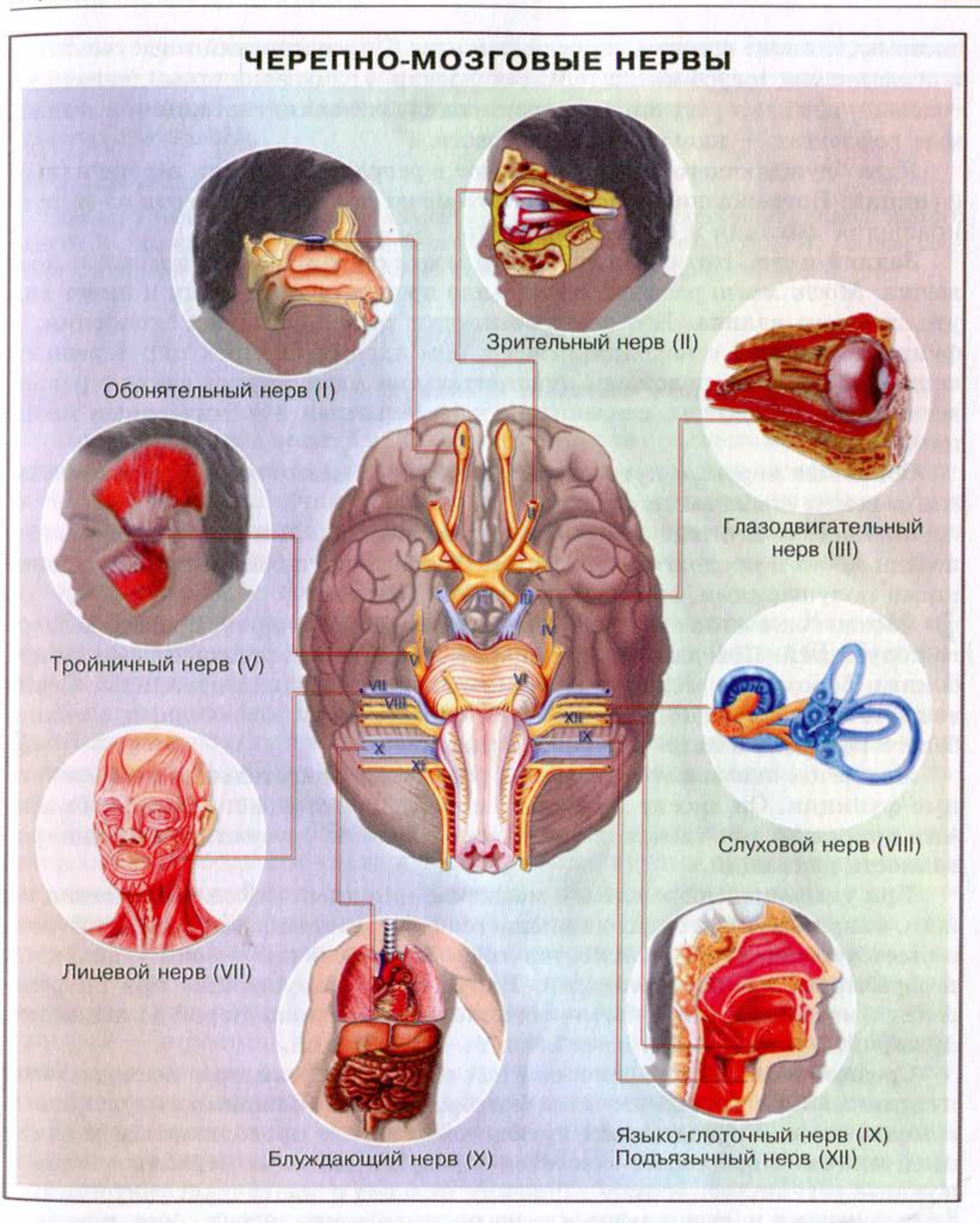


Рис. 21. Нервы головного мозга

системы, а также слезных и потовых желез. Продолговатый мозг участвует в поддержании тонуса мышц тела, сохранении и изменении позы, движениях головы и языка, в регуляции актов сосания, жевания, глотания и в защитных рефлексах — кашле, чихании, рвоте.

Ядра блуждающего нерва участвуют в регуляции многих вегетативных функций. Повреждение продолговатого мозга приводит к смерти из-за прекращения дыхания и остановки сердца.

Задний мозг. Этот отдел головного мозга состоит из моста мозга и мозжечка. *Мост мозга* располагается выше продолговатого мозга и имеет вид утолщенного валика. Его нервные клетки также образуют скопления, а функции связаны с находящимися в нем ядрами четырех пар черепных нервов. В мосту расположены чувствительные ядра органов слуха и равновесия, а также центры, связанные с жевательными и мимическими мышцами.

Обильные нервные пути связывают мост с мозжечком, спинным мозгом и всеми стволовыми отделами.

Мозжечок. Его еще называют малым мозгом. Мозжечок расположен позади моста и продолговатого мозга. Нервные пути связывают его с большими полушариями, спинным и средним мозгом.

► Мозжечок состоит из срединно-расположенного червя, правого и левого полушарий. Поверхность полушарий покрыта многочисленными неглубокими бороздами, между которыми находятся мелкие извилины. Серое вещество расположено поверхностно, образуя кору мозжечка, и в толще белого вещества в виде четырех парных ядер. ◄

Мозжечок оказывает влияние на различные двигательные и вегетативные функции. Он вносит в каждый момент двигательного акта необходимые поправки, тем самым обеспечивает точность, ловкость и координированность движений.

При удалении, повреждении мозжечка или химическом воздействии на него, например алкоголем, уменьшается сила мышечных сокращений, возникает утомляемость, снижается точность движений — они становятся несоразмерными, неуверенными. Нарушения, наступающие при повреждениях мозжечка, могут быть частично восстановлены корой больших полушарий, принимающей на себя часть его функций.

Средний мозг. Расположенный над мостом средний мозг восходящими путями связан с промежуточным мозгом, а также большими полушариями и мозжечком. Нисходящими путями он связан с продолговатым и спинным мозгом. Ядра серого вещества образуют две пары черепных нервов, которые регулируют тонкие движения пальцев и мышечный тонус, благодаря которому поддерживается равновесие тела при ходьбе, беге, стоянии, изменении позы.

Ядра серого вещества среднего мозга осуществляют ориентировочные рефлексы на свет и звук, выражающиеся в движениях глаз и повороте головы. Средний мозг контролирует и сложные зрительные рефлексы, например зрачковый.

Вопросы и задания

1. Почему у человека наступает мгновенная смерть при поражении продолговатого мозга? **2.** Что представляет собой белое вещество в головном мозге? **3.** Каковы особенности строения мозжечка? **4.** Какие функции выполняет средний мозг?

§ 13. Передний мозг



Почему передний мозг является важнейшей частью головного мозга?

Промежуточный мозг. Расположенный выше среднего мозга промежуточный мозг покрыт большими полушариями конечного мозга. В промежуточном мозге различают несколько частей — верхнюю, центральную и нижнюю. Среди них выделяются по объему и функциональному значению центральная область — зрительные бугры (таламус) — и нижняя — подбугорная область (гипоталамус) (рис. 22).

Таламус, или зрительные бугры, — парное образование. Их серое вещество представлено связанными между собой ядрами (около 40). Зрительные и слуховые ядра расположены в задней части таламуса.

К ядрам таламуса поступает информация от большинства рецепторов, за исключением обонятельных. Там она обрабатывается, отбирается и сопоставляется. Наиболее значимая информация направляется в кору больших полушарий головного мозга.

Гипоталамус, или подбугорная область, — находится ниже таламуса и насчитывает большое число ядер. Нервными путями гипоталамус связан с таламусом, корой больших полушарий, отделами ствола мозга и некоторыми железами внутренней секреции. Среди нейронов гипоталамуса есть и такие, которые совмещают функции нервных и секреторных клеток. Они вырабатывают особые вещества — *нейрогормоны*, которые влияют на деятельность центральной железы внутренней секреции — *гипофиза* (от греч. *гипофиз* — отросток). Общим кровотоком гипоталамус и гипофиз объединены в *гипоталамо-гипофизарную* систему, в которой гипоталамус — связующее звено в едином механизме нервно-эндокринной регуляции.

Деятельность гипоталамуса, в свою очередь, контролируется корой больших полушарий и другими отделами ЦНС. Ядра гипоталамуса регулируют температуру тела, а также водный, солевой, белковый, углеводный обмены. Гипоталамус участвует во многих сложных поведенческих реакциях — половых, пищевых, ориентировочных и оборонительных.

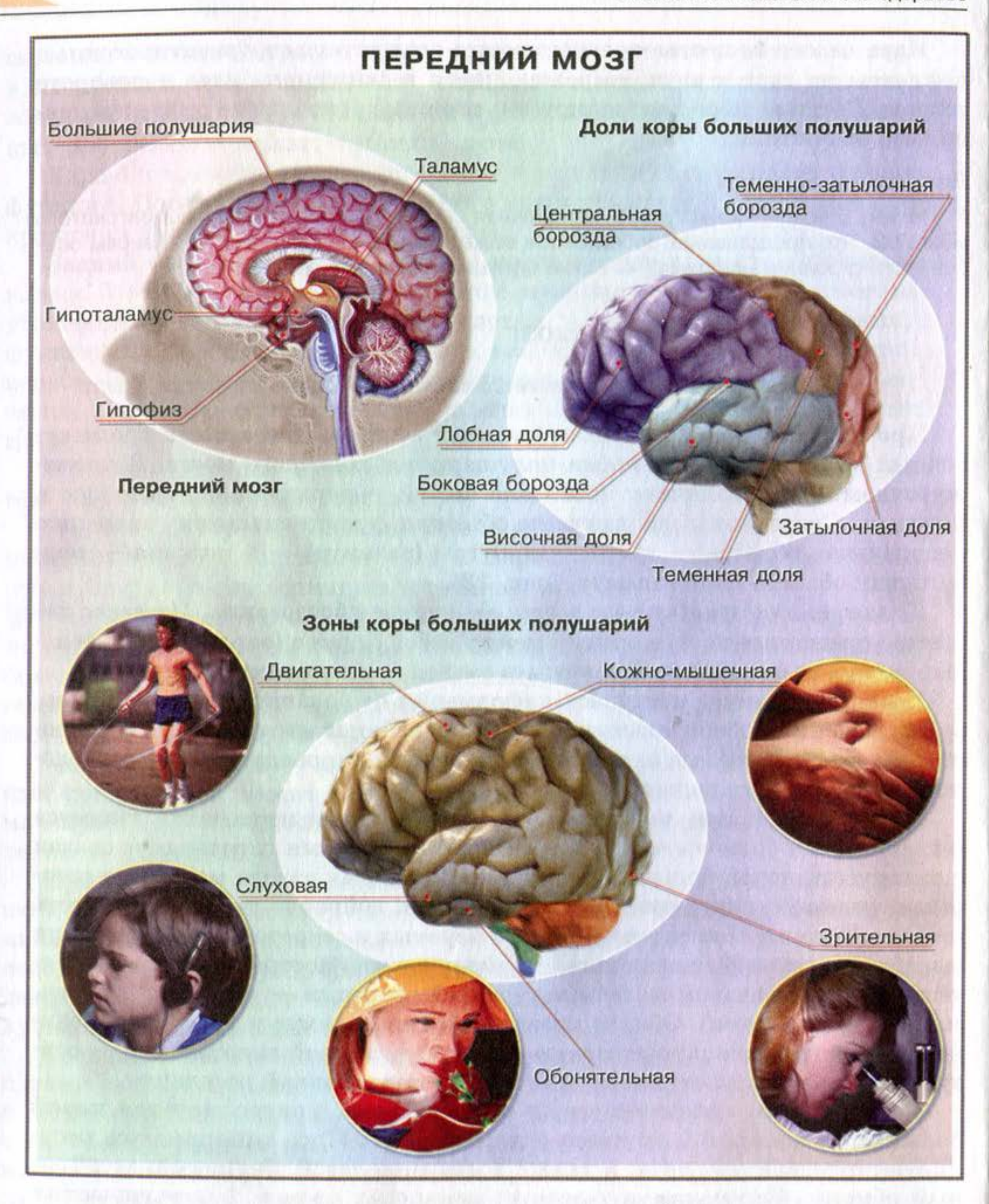


Рис. 22. Передний мозг и кора больших полушарий

Голод, жажда, половое влечение, положительные и отрицательные эмоциональные проявления обусловлены деятельностью гипоталамуса. Участвует он и в регуляции сна и бодрствования.

Надбугорная область связана с другой центральной железой внутренней секреции — эпифизом.


Каковы особенности строения больших полушарий?

Строение больших полушарий. Большие полушария — самый крупный отдел головного мозга. У взрослого человека масса больших полушарий составляет более 80 % массы всего головного мозга. Глубокой продольной бороздой они разделены на два симметричных полушария — правое и левое. В глубине этой борозды находится *мозолистое тело* — перемычка, состоящая из белого вещества и соединяющая оба полушария.

Наружные нервные клетки больших полушарий образуют слои серого вещества — *кору больших полушарий*. В коре выделяют шесть слоев, в формировании которых участвуют не только тела нейронов различной величины и формы, но и их отростки. Толщина коры в различных участках колеблется от 1,3 до 5 мм, а общая ее поверхность у взрослого человека составляет примерно 2200 $см^2$. На этом корковом участке сконцентрировано свыше 14 млрд нейронов, а общее число образуемых ими контактов не поддается исчислению. Скопления серого вещества находятся и в глубине полушарий — там расположены различные подкорковые ядра.

Складчатая поверхность полушарий образована выпуклостями (*извилинами*), которые отделены друг от друга углублениями (*бороздами*). Они увеличивают площадь поверхности коры при относительно малом ее объеме, а значит, позволяют вместить большее число составляющих ее нейронов.

Три основные борозды — центральная, боковая и теменно-затылочная разделяют каждое полушарие на доли: *лобную*, *теменную*, *затылочную* и *височную*. Они примыкают к костям черепа с аналогичными названиями.

Чарлз Скотт ШЕРРИНГТОН (1857—1952). Английский нейрофизиолог, член Лондонского королевского общества с 1893 г., а в 1920 — 1925 гг. — его президент. Изучал особенности возбуждения в рефлекторной дуге, обнаружил однонаправленность его проведения и наличие синаптической задержки. Предложил термин: синапс, нейрон и др. Установил существование взаимоусиливающих и взаимоослабляющих рефлексов. Сформулировал общие принципы деятельности нервной системы. Показал, что при осуществлении любого рефлекса нервная система функционирует как единое целое. Лауреат Нобелевской премии.



Волокна мозолистого тела связывают отдельные участки одного полушария и симметричные области обоих полушарий. Часть волокон выходит за пределы полушарий и образует проводящие пути, по которым осуществляется двусторонняя связь коры с нижележащими отделами центральной нервной системы.

Функции больших полушарий. Кора больших полушарий в процессе эволюции сформировалась позже других структур нервной системы. По своему строению — это наиболее сложная часть мозга, а по значению — самая важная. Это высший отдел центральной нервной системы. Кора отвечает за восприятие всей поступающей в мозг информации: зрительной, слуховой, обонятельной, осязательной, вкусовой, а также за управление всеми сложными мышечными движениями. С функциями коры связаны мыслительная и речевая деятельности человека.

В коре имеются отдельные области или зоны, связанные с определенными функциями. Так, в затылочной доле находятся зрительные области, ответственные за восприятие световых раздражений. Слуховые области, воспринимающие звуковые сигналы, расположены в височных долях. В теменных долях находятся чувствительные области, принимающие информацию от рецепторов кожи, суставов и мышц. В полушария эти сигналы поступают с противоположной стороны тела: в правое полушарие — с левой, в левое — с правой.

Двигательные области коры мозга, расположенные в лобных долях, руководят произвольной деятельностью противоположных сторон тела.

Лобные доли коры ответственны за составление программ поведения, мышление и управление трудовой деятельностью. Со значительным развитием лобных долей коры в большой мере связан высокий уровень интеллекта человека по сравнению с животными.

В человеческом мозге имеются структуры, которых нет у животных, например речевые центры, расположенные в различных участках коры. Кроме того, у человека существует специализация полушарий: многие высшие функции мозга выполняются с преимущественным участием одного из них.

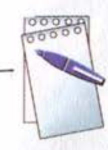
Вопросы и задания

1. Какие области различают в промежуточном мозге? **2.** Перечислите основные его функции. **3.** Какое строение имеют большие полушария головного мозга? **4.** Расскажите о функциях коры больших полушарий. **5.** Выполните практическую работу № 3 (с. 276).



Перед вами в лабораторной клинике две собаки. У первой лапа висит, как плеть, не отвечает на раздражения при уколе, лишена тонуса (напряжения). Собака при движении на нее не опирается. У второй собаки лапа участвует при ходьбе, но движения ее менее ловки, чем движения здоровой лапы. Решите, у какой из собак

повреждены двигательные центры спинного мозга, а у какой — центры в двигательной зоне коры больших полушарий.



НАБЛЮДЕНИЯ И САМОНАБЛЮДЕНИЯ

Безусловные рефлексы головного мозга

Для опыта понадобится настольная лампа.

1. Сделайте три-четыре быстрых и глубоких вдоха и выдоха. Что произойдет с вашим дыханием? В каком отделе головного мозга расположен центр дыхательного рефлекса? Какие еще функции этого отдела головного мозга вам знакомы?

2. В течение одной минуты внимательно смотрите на зажженную настольную лампу. После чего слегка надавите рукой на один глаз и вновь посмотрите на источник света. Что вы заметили? Это произошло из-за того, что внешняя сила нарушила правильную установку глаз. Решите, какой отдел головного мозга обеспечивает ориентацию глаз.

3. Встаньте, закройте глаза и вытяните вперед правую руку с выпрямленным указательным пальцем и сжатыми остальными. Указательным пальцем коснитесь кончика носа. Какой отдел головного мозга поможет вам легко выполнить это упражнение?

Для любознательных

Человеческий мозг способен хранить объем информации, сравнимый с объемом 1000 двадцатитомных энциклопедий.

У человека каждый день число нейронов мозга уменьшается в среднем на 50 тыс. клеток. По мере старения мозг человека теряет свою массу, и к 90 годам она уменьшается на 300 г.

Самый тяжелый мозг, массой 2 кг 300 г, среди официально зафиксированных у великих людей, принадлежал английскому политику Оливеру Кромвелю, а самый легкий мозг, массой 1017 г, — французскому писателю Анатолю Франсу.

§ 14. Вегетативная нервная система



Почему выделяют вегетативную нервную систему?

Соматические и вегетативные функции нервной системы. Нервная система по строению и функциям подразделяется на *соматическую* и *вегетативную*.

время под действием симпатических нервов тормозится функция половой и пищеварительной систем. В период активной деятельности выполнение последних двух функций невыгодно, так как вызвало бы отток возбуждения от тех нервных центров и крови от органов, которые определяют выживание (табл. 4).

Рефлекторная регуляция вегетативных функций. Основной принцип деятельности нервной системы — рефлекторный. Он сохраняется и в работе вегетативного отдела. Изменения активности внутренних органов возникают при раздражении различных рецепторов поверхности тела и самих внутренних органов. Например, при надавливании на глазные яблоки, воздействии на тепловые рецепторы кожи или рецепторы кишечника возбуждаются парасимпатические центры. А при раздражении холодовых рецепторов — симпатические. Это рефлекторно отражается на состоянии внутренних органов. Вегетативные рефлексы являются основой массажа, закаливания, иглоукалывания. Оба отдела вегетативной нервной системы функционируют взаимосвязано, и при возбуждении одного центра другой тормозится.

Таблица 4

Влияние симпатического и парасимпатического нервов на деятельность некоторых органов

Орган	Возбуждения, проводимые по нервам	
	Симпатическим	Парасимпатическим
Сердце	Учащение и усиление сокращений	Замедление и ослабление
Кровеносные сосуды	Сужение, повышение давления	Расширение в некоторых органах
Слезные железы	Уменьшение секреции	Усиление секреции
Желудок	Ослабление сокоотделения	Усиление сокоотделения
Кишечник	Ослабление волнообразных движений	Усиление волнообразных движений
Зрачок	Расширение	Сужение
Потовые железы	Усиление потоотделения	Уменьшение потоотделения

Симпатическая система — это система тревоги, защиты и мобилизации. Ее функция заключается в приспособлении организма к условиям деятельности. Симпатические возбуждения определяют эмоциональное состояние, рассматриваемое как напряжение, — стресс. Эти возбуждения запускают нервные и гормональные реакции стресса, вовлекая многие системы органов, механизмы регуляции температуры, иммунитет.

Парасимпатическая система осуществляет постоянную текущую регуляцию отдельных функций, направленную на сохранение гомеостаза.

Вопросы и задания

1. Что вы знаете о строении и функциях симпатического отдела нервной системы? **2.** Назовите особенности строения и функций парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. **3.** Какая часть вегетативной нервной системы более активна во время занятий спортом — симпатическая или парасимпатическая? А во время принятия пищи? **4.** В чем проявляется совместная деятельность соматической и вегетативной нервной системы?

Особенности развития мозга человека

Кора полушарий большого мозга функционирует как единое целое, осуществляя обработку чувствительной информации и формирование двигательных команд. Кора служит материальной основой высшей нервной деятельности и поведения, обеспечивает индивидуальное приспособление к изменяющимся условиям среды.

У детей до 7 лет функциональные различия между полушариями не вполне выражены, потому что левое, логическое полушарие еще не преобладает над правым, творческим. В дальнейшем при развитии психики ребенка происходит несколько качественных «скачков». Первый — в 6—7 лет, когда ребенок овладевает грамотой. Теперь он умеет отделять слово от предмета, становится носителем иначе устроенной информации. С этого момента начинается развитие речевых центров в левом полушарии.

Второй скачок приходится на подростковый возраст 12—14 лет. В это время начинается формирование лобных долей мозга, которые определяют волевое начало, помогают осознать себя личностью. Трудности переходного возраста связаны с изменениями во взаимодействии различных частей мозга.

Третий скачок происходит в 18—20 лет. К этому времени формирование мозга окончательно завершается. Человек становится взрослым.

Функциональная асимметрия мозга. Еще в конце XIX в. ученые заметили, что правое и левое полушария мозга, хотя и построены симметрично, выполняют различные мозговые операции, т. е. в функциональном отношении они асимметричны (рис. 24).

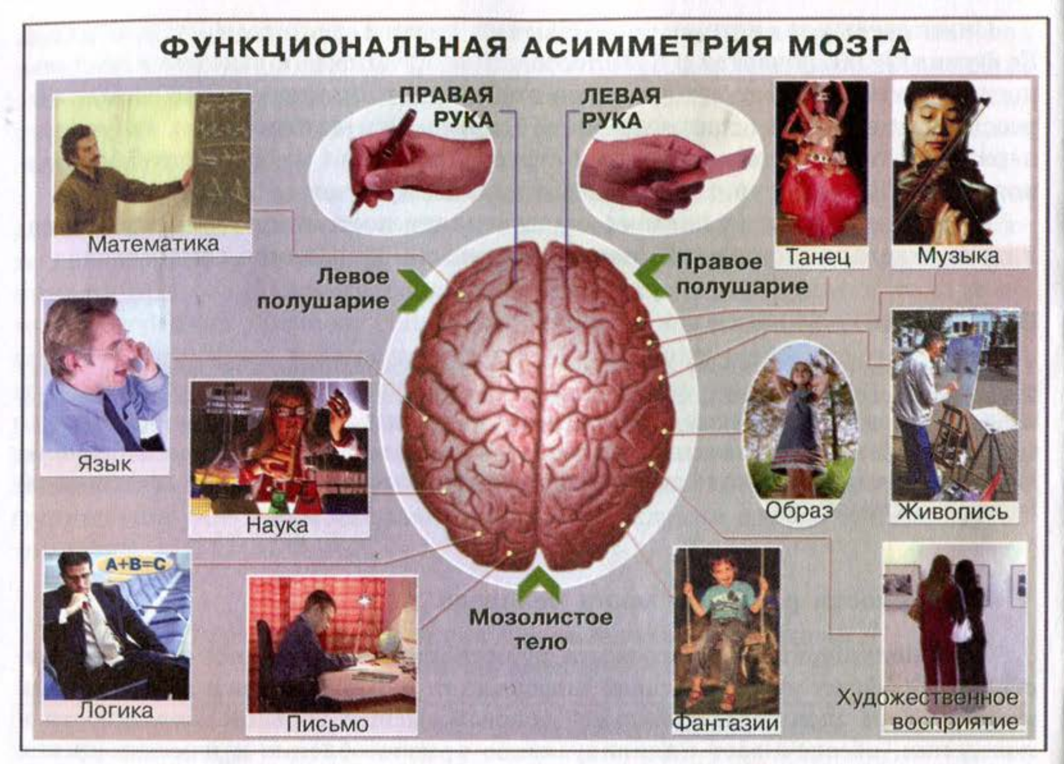


Рис. 24. Функции коры больших полушарий головного мозга

У «правшей» в левом полушарии находятся речеслуховой и речедвигательный центры. Они обеспечивают восприятие и формирование устной речи и письменной. Кроме того, левое полушарие ответственно за логические операции и абстрактное мышление.

Правое полушарие в большей степени связано с образным восприятием, формированием личностного, эмоционального отношения к себе, к другим людям и предметам. Оно играет ведущую роль в узнавании человеческих лиц и ответственно за музыкальное и художественное творчество. Иными словами, правое полушарие участвует в процессе образного мышления.

Некоторые ученые говорят, что если правое полушарие человека живет в прошлом и настоящем времени, то левое — в будущем. По мнению специалистов, истинная леворукость проявляется подчас полярно: среди леворуких встречаются как талантливые личности, так и практически не обучаемые.

Чем больше творческих способностей проявляет человек, тем сильнее развито его правое полушарие и, следовательно, левая рука. Несколько упрощая, можно сказать, что левши — творцы, первопроходцы, а правши — склонны к консерватизму.

Однако левши часто вспыльчивы, эмоционально несдержанны, плохо контролируют себя. Общество подавляет леворукость, начиная это еще в семье, когда карандаш дают ребенку в правую руку. Переучивание леворукого ребенка может нанести ему глубокую душевную травму.

Женщины более склонны к леворукости, чем мужчины. У них сильна интуиция, которая живет в «древнем», правом полушарии, но слабее пространственные функции, логика, воля, самоконтроль. Среди женщин много тонких исполнителей, но мало композиторов, художников. Психически мужчина и женщина — совершенно различные организмы. Ребенок же отличается от них еще больше.

Однако целостная деятельность мозга человека протекает при одновременном участии обоих полушарий, каждого со своими особенностями. Все богатство интеллекта, способность широко мыслить, видеть проблемы и пути их решения, высокий творческий потенциал возможны лишь благодаря совместной, согласованной работе правого и левого полушарий, сочетанию образного и логического мышления.

Вопросы и задания

1. В чем заключаются особенности развития больших полушарий головного мозга человека? **2.** Как распределяются психические функции между правым и левым полушариями головного мозга?



Максимальная скорость проведения возбуждения по нервам у зверей и человека составляет 100—122 м/с, у лягушки — 26 м/с, у рыбы — 4—5 м/с. Почему эта скорость больше у высших позвоночных? Какое значение имеет в жизни животных скорость передачи возбуждения?



НАБЛЮДЕНИЯ И САМОНАБЛЮДЕНИЯ

Проявление функций вегетативной нервной системы

Возьмите карандаш. Проведите тупой его частью по коже тыльной стороны кисти. Что вы заметили? Продолжайте наблюдать. Что произошло с цветом кожи? Можно ли эти изменения объяснить, используя знания о вегетативной нервной системе? Предложите свою версию, объясняющую изменения цвета кожи.

Темы сообщений и рефератов

1. История развития рефлекторной теории от Р. Декарта до И. П. Павлова.
2. И. П. Павлов и его метод условных рефлексов.
3. Научный подвиг И. М. Сеченова.
4. Неразгаданные тайны мозга человека.
5. Лапка лягушки открывает секреты.



ОРГАНЫ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ. НЕЙРОГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА

Немного истории...

I век н. э. *Римский анатом и врач К. Гален первый описал железу, которую в XVII в. назвали щитовидной.*

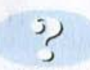
1593 г. *Итальянский анатом Б. Евстахий описал надпочечные железы, или надпочечники.*

1869 г. *Немецкий гистолог и анатом П. Лангерганс изучил микроскопическое строение поджелудочной железы и описал «островки этой железы».*

1904 г. *Английские биохимики и физиологи Э. Г. Старлинг и У. М. Бейлисс ввели термин «гормоны» для обозначения продуктов желез внутренней секреции.*

1923 г. *Канадскому биохимику Ф. Г. Бантингу и шотландскому физиологу Дж. Маклеоду была вручена Нобелевская премия за открытие инсулина.*

§ 15. Железы внутренней секреции. Гормоны



Каковы особенности желез внутренней секреции?

Железы — специализированные органы или группы клеток, синтезирующие и выделяющие специфические вещества — *секреты*. В зависимости от способа вывода секрета различают железы внешней секреции, внутренней секреции и смешанной секреции.

Железы внешней секреции имеют выводные протоки. Через них секреты — пот, слезы, женское молоко — выводятся на поверхность тела либо в полые органы. Так, в пищеварительный канал поступают слюна, желудочный и кишечный сок, желчь и др. (рис. 25).

Железы внутренней секреции — эндокринные. Гуморальная регуляция осуществляется посредством химических сигналов биологически активных веществ, синтезируемых в организме. Эти вещества поступают в кровь из желез, получивших название *эндокринных* (от греч. *эндо* — внутри и *крино* — отделяю). По другой терминологии, это *железы внутренней секреции*. Они не имеют выводных протоков и выделяют свои гормоны в кровь. Эндокринные железы человека невелики по размерам: их общая масса не превышает 100 г. Они обильно снабжены кровеносными и лимфатическими сосудами.

Железы внутренней секреции расположены в различных частях тела: в головном мозге (гипофиз и эпифиз), в области гортани (щитовидная и

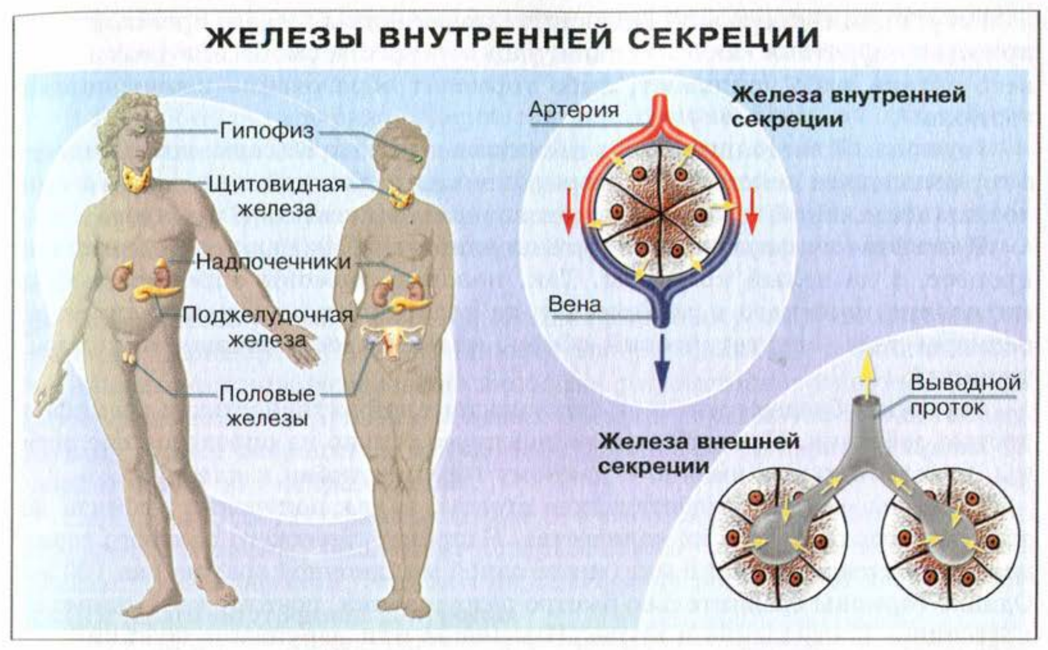


Рис. 25. Расположение эндокринных желез

паращитовидные железы), в брюшной полости (поджелудочная железа и надпочечники), в полости малого таза (яичники), яички — в мошонке.

Некоторые из желез, например яичники, семенники, поджелудочная железа, являются *железами смешанной секреции*. Так, половые железы вырабатывают не только половые гормоны, но и яйцеклетки и сперматозоиды, а поджелудочная железа помимо гормонов выделяет богатый ферментами пищеварительный сок, который через протоки поступает в кишечник.

➤ Внутренней секрецией обладают не только эндокринные железы, но и отдельные группы клеток, не объединенные структурно в самостоятельные органы. Так, некоторым нейронам гипоталамуса присуща нейросекреция — они вырабатывают и выделяют нейрогормоны. В слизистой оболочке пищеварительного канала находится множество эндокринных клеток, секретирующих десятки гормонов. В печени, почках имеются группы клеток, синтезирующие и выделяющие в кровь вещества, которые регулируют тонус (напряжение) стенок сосудов и другие важные функции. Временными эндокринными железами женского организма являются желтое тело, образующееся в яичнике после созревания яйцеклетки, и плацента, обладающая активной гормонообразовательной функцией. ◅

Регуляция секреторной активности эндокринных желез происходит по принципу обратной связи: концентрация самого гормона или реакция на него органа либо усиливает, либо тормозит образование новых порций гормона.

Гормоны. В настоящее время насчитывают около 60 гормонов и веществ с гормональным действием, которые относят к различным классам химических соединений — белкам, производным аминокислот и жиров.

В отличие от ферментов, гормоны влияют не на какой-то единичный процесс, а на целый комплекс. Так, половые гормоны определяют формирование мужского и женского типа тела, другие гормоны влияют на размеры тела, энергетический обмен, интенсивность жизненно важных функций.

Гормоны обладают высокой физиологической активностью и специфичностью действия. Каждый гормон действует только на определенные органы, чувствительные именно к данному гормону ткани и клетки.

Гормоны — сильнодействующие агенты, и для получения эффекта достаточно весьма малого их количества. Например, женского полового гормона содержится в крови 0,6 мкг (менее одной миллионной грамма!) на 100 мл. Однако гормоны сравнительно быстро разрушаются, поэтому необходимо их постоянное поступление в кровь. Изменение или нарушение функций желез внутренней секреции приводит к серьезным заболеваниям.

В значительной степени гормоны влияют на поведение и приспособительные реакции человека на изменяющиеся условия окружающей среды.

В большинстве случаев гормоны действуют совместно, и для оптимального роста и развития организма требуется очень четкое взаимодействие большого числа гормонов различных желез.

Вопросы и задания

1. На какие три группы подразделяют железы организма человека? **2.** В чем сходство и различие желез внешней и внутренней секреции? **3.** Какие вещества называют гормонами? **4.** В каких органах образуются гормоны?

§ 16. Гипофиз. Эпифиз. Щитовидная железа. Паращитовидные железы



Почему гипофиз называют «дирижером оркестра гормонов»?

Гипофиз — нижний мозговой придаток. Это небольшая железа, массой около 1 г, по форме напоминающая боб, находящаяся в костном углублении основания черепа (рис. 26). Она состоит из двух долей, разли-

чающихся по строению, происхождению и функционирующих независимо друг от друга. По существу, это две различные, но вместе расположенные железы.

В задней доле гипофиза содержатся два гормона. Один из них избирательно влияет на сокращения гладкой мускулатуры матки и секрецию молочных желез. Другой повышает кровяное давление и задерживает выведение мочи. При уменьшении количества этого гормона мочевыделение возрастает до 10—20 л в сутки. Эту болезнь называют *несахарным диабетом*.

➢ Оба гормона вырабатываются самим гипоталамусом и по аксонам его нейронов транспортируются в заднюю долю гипофиза, где и накапливаются. Выделяются эти гормоны из гипофиза рефлекторно: импульсы от рецепторов сосков и наружных половых органов передаются в гипоталамус и стимулируют секрецию и выведение гормонов из гипофиза в кровь. По своей природе это нейрогормоны. ◄

Передняя доля гипофиза занимает 3/4 его объема. В разных ее клетках образуются гормоны, мишенями которых служат все другие эндокринные железы. Таким образом, гормоны передней доли регулируют деятельность других желез внутренней секреции.

Один из них — *гормон роста*. Он стимулирует биосинтез белка и деление клеток костной ткани, что способствует увеличению размеров тела. Избыточная секреция этого гормона гипофиза вызывается *гигантизмом*. Когда функция гипофиза усиливается в зрелом возрасте, болезненно разрастаются отдельные части тела, уродливо утолщаются руки, ноги, непомерно увеличивается нос, нижняя челюсть, язык, ушные раковины. Пониженная деятельность передней доли гипофиза приводит к задержке роста и *карликовости*. У карликов сохраняются нормальными пропорции тела и психическая деятельность, но эти люди заметно отличаются малым ростом.

Промежуточная зона секретирует гормон, регулирующий синтез пигмента меланина, который придает коже темную окраску. Для синтеза меланина также необходимо действие ультрафиолетовых лучей.

➢ **Эпифиз, или шишковидная железа,** — верхний мозговой придаток. Так же, как и гипофиз, является выростом промежуточного мозга; тесно связан с гипоталамо-гипофизарной системой. Вырабатывает гормон, тормозящий развитие и секрецию половых желез. С функцией эпифиза связаны реакции организма на смену дня и ночи. Они проявляются в изменении интенсивности физиологических процессов, температуры тела, давления крови в течение суток, чередовании сна и бодрствования. Предполагают, что эпифиз участвует в компасной ориентации животных. ◄

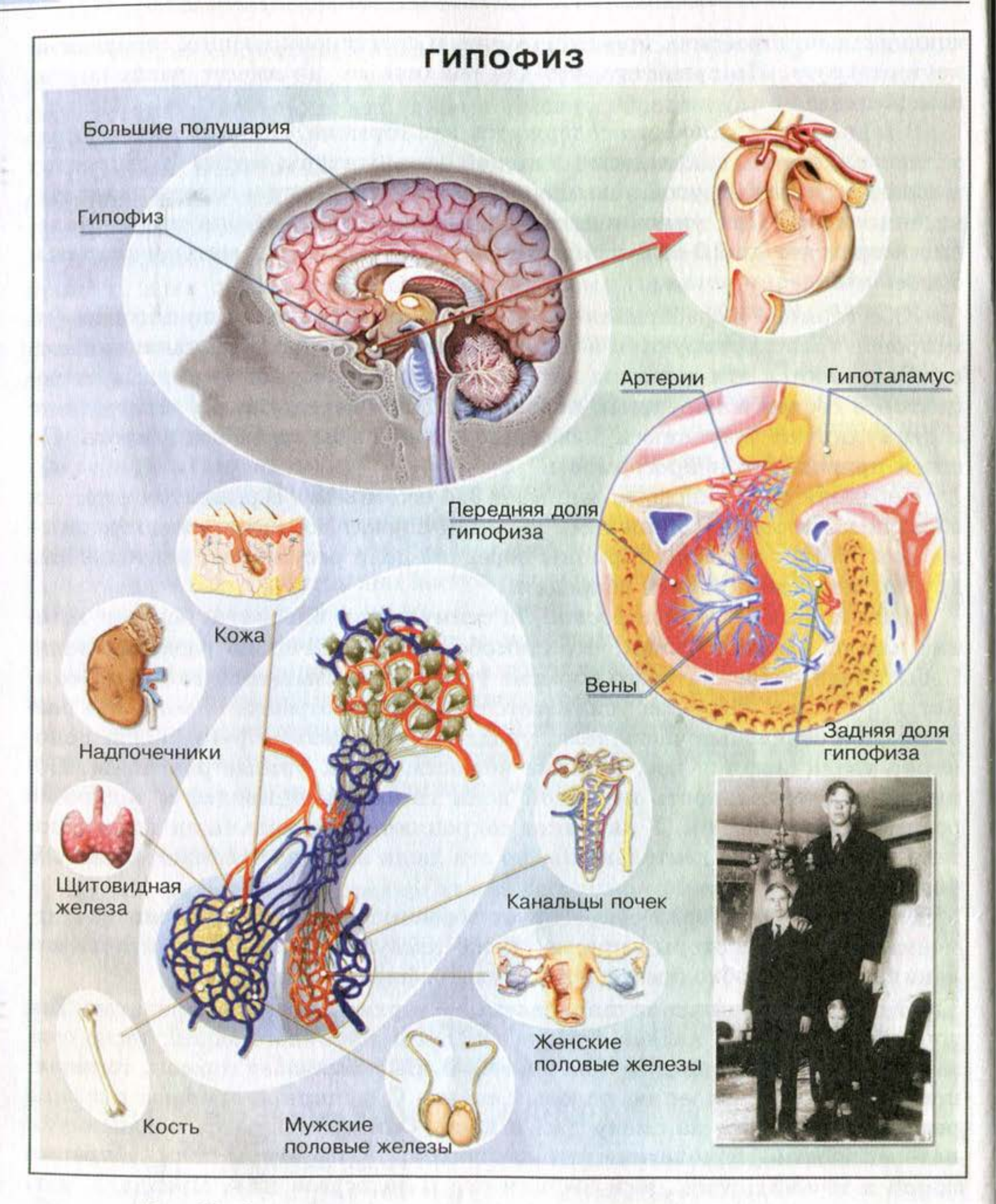


Рис. 26. Строение гипофиза и влияние его гормонов на органы



Почему для нормального развития и функционирования организма необходим йод?

Щитовидная железа — самая крупная из органов внутренней секреции. Располагается она в области шеи по бокам и спереди гортани (рис. 27). Железа состоит из двух соединенных узким перешейком долей.

Ткань щитовидной железы состоит из клеток, объединенных в фолликулы — пузырьки. Полость каждого такого пузырька заполнена коллоидом. К фолликулам снаружи прилегают кровеносные сосуды, по которым в клетки поступают исходные вещества и выносятся синтезируемые гормоны. Коллоид запасает йод, который поступает с водой и пищей. При его длительном хроническом дефиците функция железы нарушается.

Один из гормонов щитовидной железы — *тироксин* (от греч. *тиреос* — щит, *оксис* — едкий). Он содержит йод и участвует в окислительных процессах, регулирует белковый, жировой и углеводный обмены, оказывает большое влияние на сердечно-сосудистую и нервную системы. При врожденной гипофункции щитовидной железы в кровь поступает крайне мало тироксина, и первым страдает мозг. Если срочно, в первые месяцы после рождения ребенка не начать лечение препаратами йода, мозг остается недоразвитым, развивается *кретинизм* — умственная отсталость. Тормозится физическое развитие: ребенок плохо держит голову, поздно начинает садиться, ходить, резко проявляются дефекты скелета.

У взрослого недостаток тироксина вызывает заторможенность, постоянную сонливость, заметное ухудшение памяти, нарушение регуляции температуры тела, снижение работоспособности. Человек становится вялым, безучастным. Даже в теплую погоду его знобит.

Это объясняется тем, что при недостатке гормона понижаются интенсивность обменных процессов и температура тела, пульс становится реже, кожа делается сухой, появляется отечность, выпадают волосы, ломаются ногти, а лицо приобретает бледный безжизненный вид. В медицине болезнь, вызванная недостаточной функцией щитовидной железы, получила название *микседема* (от греч. *микса* — слизь, *оидема* — отек).

При повышенной функции железы развивается *базедова болезнь*. Человек становится легковозбудимым, раздражительным, немотивированно вспыльчивым, быстро утомляемым. Температура его тела почти всегда повышена, кожа часто покрывается обильным потом, нарушается деятельность сердечно-сосудистой системы: резко возрастает частота сердечных сокращений. Больные отличаются худобой, хотя потерей аппетита не страдают, у них заметно выражена припухлость в области шеи — зоб, а глазные яблоки выступают из орбит — выпучены. Умственные способности больных сохраняются, а быстрые реакции способствуют проявлению творческой

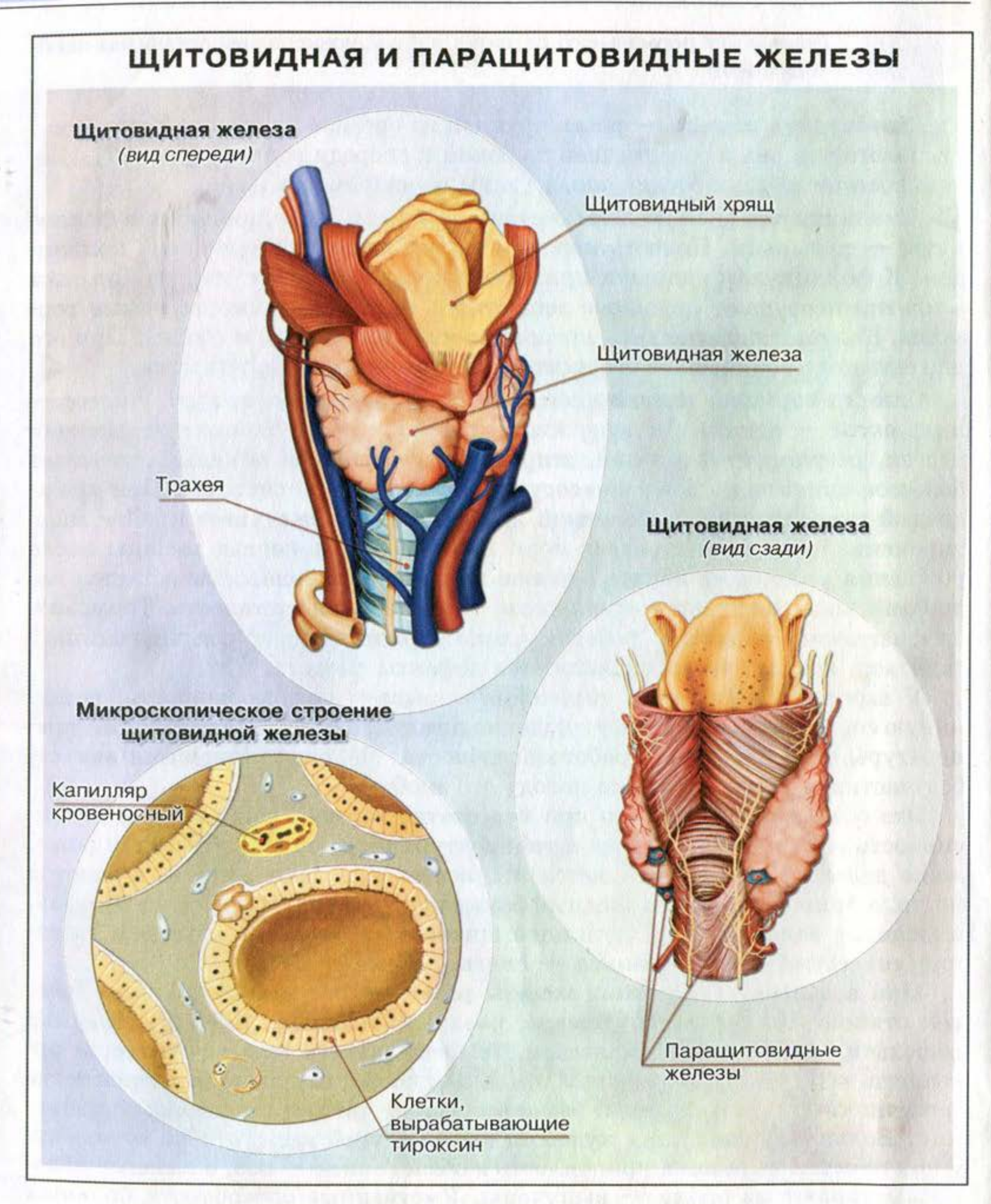


Рис. 27. Строение щитовидной железы. Паращитовидные железы

активности, но на короткое время. Существуют эффективные методы лечения базедовой болезни.

Клетки щитовидной железы секретируют также гормон кальцитонин, регулирующий обмен кальция и фосфора.

Паращитовидные железы (от греч. *пара* — возле) — это четыре железы, диаметр каждой составляет 5—8 мм. Они расположены вблизи щитовидной железы и даже внутри ее ткани. Железы играют главную роль в контроле содержания в крови кальция и фосфора. Они вырабатывают паратгормон. Кальций — это важный структурный компонент костей и зубов, играет основную роль в работе мышц и нервных клеток.

Вопросы и задания

1. В чем особенность строения и деятельности гипофиза? **2.** Как отражается повышенная секреция гормона роста на внешнем облике человека в молодые и зрелые годы? **3.** Опишите строение щитовидной железы и действие ее гормонов на обмен веществ и нервную систему.



Для изучения принципа работы того или иного органа физиологи часто прибегают к помощи радиоактивных веществ. Предложите такое вещество для исследования функций щитовидной железы.

§ 17. Железы внутренней секреции, находящиеся в брюшной полости



Какова роль гормонов надпочечников в реакциях стресса?

Надпочечники — парные железы, расположенные над верхними полюсами почек. Будучи анатомически единым органом, каждый надпочечник, по существу, состоит из двух желез, представленных корковым и мозговым веществом (рис. 28).

Кора надпочечников вырабатывает гормоны, относящиеся к одному из классов органических соединений — стероидам. Их называют кортикостероиды (от лат. *кортекс* — кора).

Кортикостероиды разделяют на три группы. К первой группе относят гормоны, регулирующие водно-солевой обмен. Влияя на работу почек, они способствуют усиленному выведению калия и удержанию натрия и воды. При их недостаточной секреции организм теряет значительное количество воды, что приводит к обезвоживанию тканей, сгущению крови. Избыток гормонов вызывает накопление в тканях воды, появляется отечность.

Ко второй группе относят гормоны, например кортизон, которые увеличивают скорость распада белка и угнетают его синтез. В то же время они способствуют синтезу углеводов и повышению уровня сахара в крови.



Рис. 28. Расположение и строение надпочечников

Эти гормоны оказывают также противовоспалительное действие, но уменьшают сопротивляемость к инфекциям, подавляя иммунитет.

Третью группу составляют половые гормоны. Мужские и женские половые гормоны вырабатываются в небольших количествах у людей обоего пола. Гиперсекреция этих гормонов характеризуется появлением признаков другого пола.

Мозговое вещество надпочечников вырабатывает гормоны *адреналин* (от лат. *ад* — при, *реналис* — почечный) и *норадреналин*. Эти гормоны осуществляют реакции, направленные на поддержание гомеостаза и на преодоление стресса. Поэтому их выработка усиливается при возбуждении симпатической нервной системы и при эмоциональных состояниях.

Адреналин суживает кровеносные сосуды внутренних органов, кожи и мышц, но расширяет сосуды стенки сердца, повышает частоту и силу сердечных сокращений, расслабляет гладкие мышцы бронхов, кишечника, мочевого пузыря, способствует повышению уровня глюкозы в крови, расщепляет жировую ткань. Наиболее полно действие адреналина проявляется в условиях, когда организму необходимо мобилизовать все внутренние резервы. Неслучайно адреналин называют «аварийным гормоном» и «стресс-гормоном».

Норадреналин по химическому строению и действию похож на «аварийный гормон». Он как бы продолжает и завершает те реакции, которые возникают под действием адреналина. Норадреналин выделяется при физической работе, кровопотерях, агрессивных эмоциях.



Почему развитие сахарного диабета связывают с деятельностью поджелудочной железы?

Поджелудочная железа — одна из самых больших желез смешанной секреции. Расположена позади желудка. В тканях железы имеются рассеянные по всей железе маленькие группы клеток, называемые *островками* (рис. 29). Клетки островков вырабатывают два основных гормона белковой природы, оказывающие противоположное действие на уровень глюкозы в крови, — *инсулин* (от лат. *инсула* — остров) и *глюкагон* (от греч. *глюкус* — сладкий, *гонос* — рождение).

Инсулин стимулирует усвоение глюкозы тканями, а также превращение ее избытка в гликоген, который запасается в мышцах и печени. Он расходуется по мере возрастания энергетических потребностей организма. В случае уменьшения секреции инсулина развивается *сахарный диабет*. При этом заболевании снижается поступление глюкозы в ткани, тогда как ее уровень в крови возрастает, она появляется в моче. Больные диабетом испытывают слабость, пьют много жидкости, у них снижается устойчивость к инфекционным болезням. Сахарный диабет часто идет рука об руку с ожирением.

Глюкагон расщепляет гликоген в печени и мышцах до глюкозы. Следовательно, гормоны поджелудочной железы контролируют снабжение клеток и тканей глюкозой, поддерживают ее определенный гомеостатический уровень в крови.



Какие функции и признаки организма контролируют гормоны половых желез?

Половые железы вырабатывают половые гормоны. По химическому строению они близки к гормонам коркового слоя надпочечников. Эти химические сигналы определяют вторичные физические и психические признаки пола, сексуальное и родительское поведение, обеспечивающее размножение и продолжение рода.

Мужские половые гормоны — *андрогены* (от греч. *андрос* — мужчина) — стимулируют развитие вторичных половых признаков мужского типа: оволосение лица, характерное распределение волос на теле, конфигурацию гортани, скелета, развитие мускулатуры и других физических и психических черт мужчины. Эти гормоны образуются в семенниках

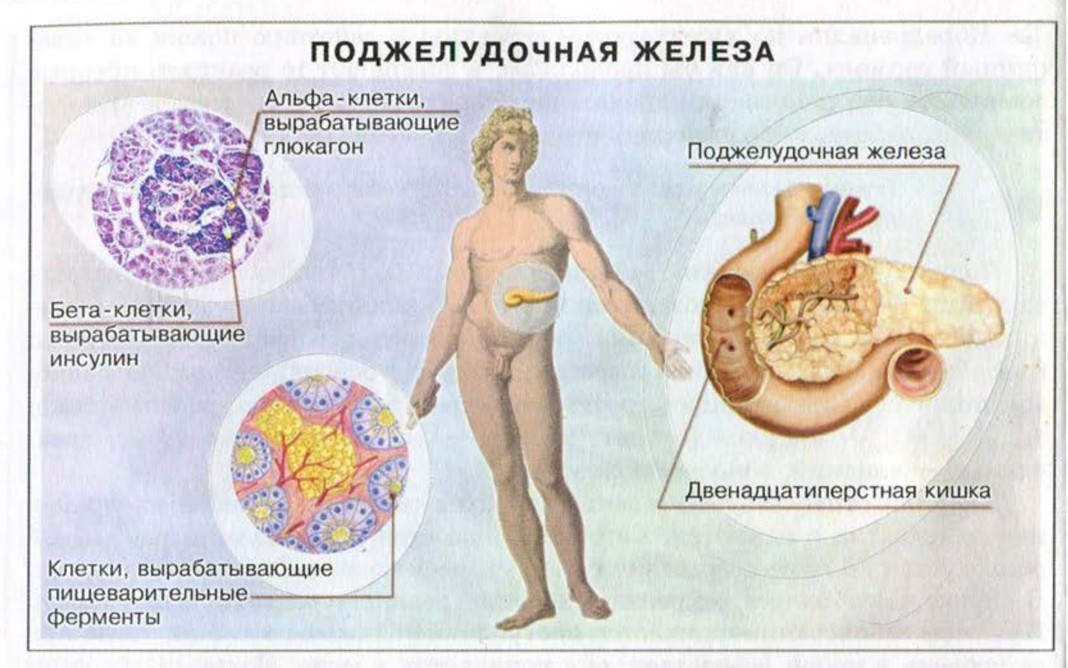


Рис. 29. Поджелудочная железа — железа смешанной секреции

(яичках). Основной мужской половой гормон — *тестостерон* (от лат. *тестостерос* — мужское яичко). Он оказывает влияние на обмен веществ: усиливает образование белка, рост мышечной ткани, уменьшает содержание жира в организме, повышает основной обмен. Тестостерон необходим для созревания сперматозоидов и проявления полового инстинкта. После удаления семенников (кастрация), у мужчин прекращается рост бороды, голос становится высоким, появляются жировые отложения, свойственные женскому телу.

Женские половые гормоны — *эстрогены* (от греч. *эстрос* — желание, страсть и *генос* — рождение) — продуцируются в яичниках. Под их влиянием формируются вторичные женские половые признаки, особенности телосложения и психики, развиваются молочные железы.

Как в женском организме в небольших количествах образуются андрогены, так и в мужском — эстрогены. Нарушение баланса этих гормонов выражается в появлении некоторых признаков противоположного пола. После кастрации или прекращения функции половых желез с возрастом (при климаксе) источником половых гормонов становится кора надпочечников. Это обусловливает появление отдельных признаков, присущих другому полу.

Вопросы и задания

1. Опишите действие гормонов надпочечников. **2.** Какое строение имеет поджелудочная железа? **3.** Какие гормоны оказывают противоположное влияние на углеводный обмен? **4.** Почему железы, вырабатывающие андрогены и эстрогены, называют половыми?

Взаимодействие систем нервной и гуморальной регуляции

Единство и целостность функций организма обусловлены взаимодействием нервных и гуморальных влияний, составляющих единый нейрогуморальной механизм регуляции функций. Гормональная регуляция, таким образом, является лишь частью, но весьма значительной, гуморальной регуляции.

Главными структурами нейрогуморального механизма служат гипоталамус и гипофиз. Они объединены нервными связями и общим кровотоком в гипоталамо-гипофизарную систему. Она обеспечивает постоянство внутренней среды организма и необходимый уровень обмена веществ. Контроль гипоталамуса над внутренними органами возможен благодаря тому, что он регулирует функции гипофиза. А он, в свою очередь, регулирует деятельность всех остальных эндокринных желез (рис. 30).

Все изменения во внутренней среде воспринимаются рецепторами. Информация о них передается в гипоталамус или непосредственно улавливается нейронами-рецепторами самого гипоталамуса. В ответ нейроны гипоталамуса выделяют нейрогормоны, которые током крови транспортируются в гипофиз и там стимулируют или тормозят его секрецию. Гормоны гипофиза определяют активность других эндокринных желез. Их секреция, в свою очередь, регулируется по механизму обратной связи. Так, гормоны половых желез, воздействуя на гипоталамус, не только формируют половое поведение и связанные с ним эмоциональные состояния, но и через гипоталамо-гипофизарную систему тормозят их синтез этими железами. Возбуждения, поступающие в гипоталамус от зрительных, слуховых, тактильных и обонятельных рецепторов, через кору больших полушарий тем же путем могут стимулировать или угнетать функцию половых желез. Принцип обратной связи является основным в эндокринной регуляции.

Обратные связи могут замыкаться не только через нервную систему. Так гипофизарный гормон стимулирует секрецию щитовидной железы, а выделенный ею тироксин тормозит образование гипофизарного гормона, управляющего щитовидной железой (рис. 31).

Действием гормональных систем определяются границы гомеостатического показателя большого числа параметров, например концентрации ионов кальция и глюкозы в крови и ряда других.

Активность желез внутренней секреции и выработка ими гормонов в большей степени зависят от нервных влияний. Поэтому многие эндокринные заболевания развиваются вследствие нервных расстройств, например сахарный диабет, базедова болезнь, нарушения функции половых желез.

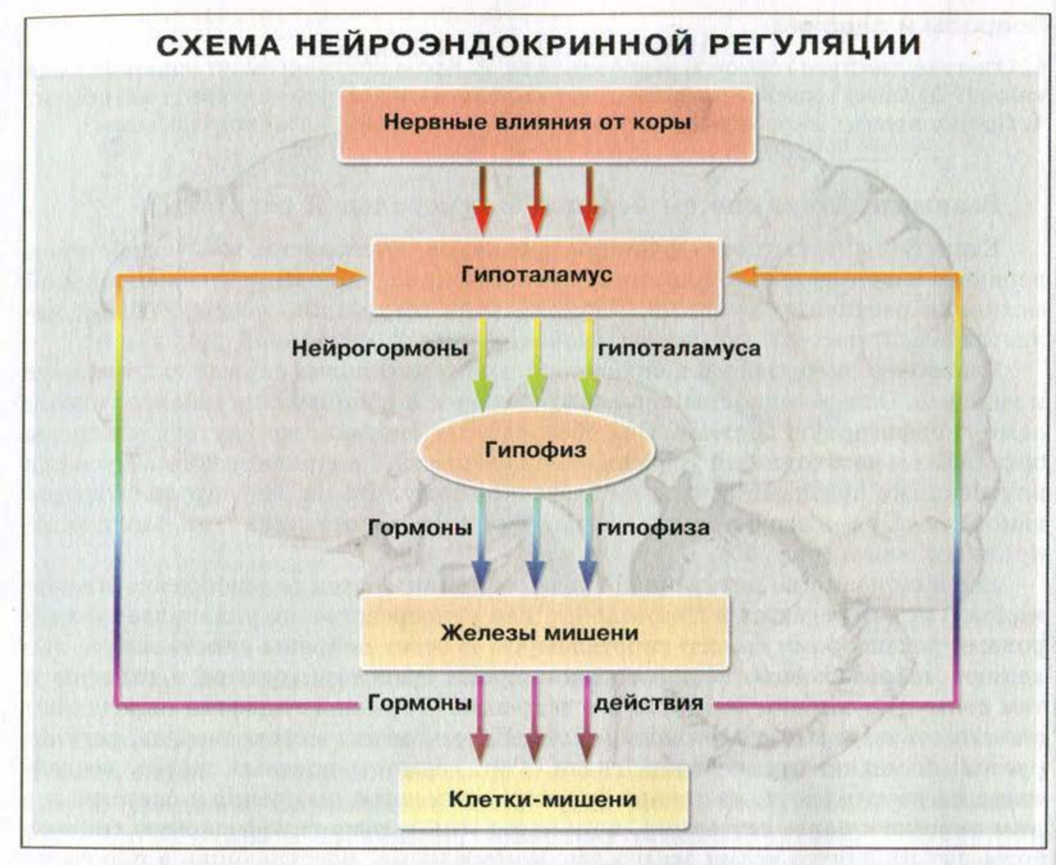


Рис. 30. Взаимодействие систем нервной и гуморальной регуляции

Исследование связей между разными железами внутренней секреции показало, что все они влияют друг на друга и тесно взаимодействуют.

Различные способы взаимодействия сочетаются в функциональной системе (рис. 32).

Вопросы и задания

1. Какая система обеспечивает слаженную работу всех органов и систем организма? **2.** Как нервная система поддерживает постоянство внутренней среды организма? **3.** Почему гипофиз рассматривается как центральная железа внутренней секреции?

Темы сообщений и рефератов

1. Почему так опасен сахарный диабет?
2. Что изучает эндокринология?
3. Может ли человек синтезировать гормоны?
4. Известные карлики и гиганты.

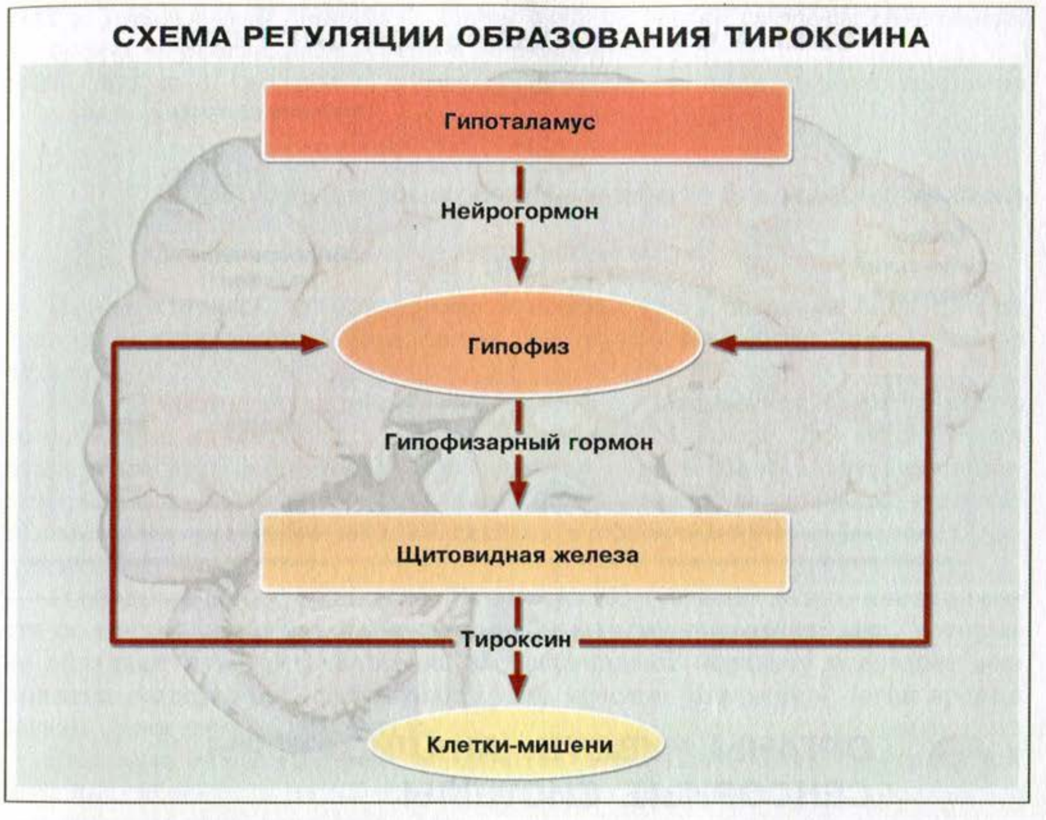


Рис. 31. Регуляция секреции щитовидной железы

Для любознательных

Анатомы выделяют в организме у мужчин 27 эндокринных желез, а у женщин на одну железу больше — 28.

Масса гипофиза составляет 0,5—1,1 г, эпифиза — 0,1—0,2 г, одной паращитовидной железы — 0,1—0,15 г, а щитовидной — 16—23 г. Масса каждого надпочечника 5—7 г, яичника — 4—5 г, а семенника — 10—45 г.

У человека в норме за сутки вырабатывается около 0,000000055 г адреналина.

Известно, что римский император Максимилиан имел рост 2,5 м, а русский крестьянин Махнов — 2,85 м.

У женщин наибольший рост отмечен у швейцарки Амы — 2,35 м.

Египетская карлица Агибе имела рост всего 38 см.

СХЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Гомеостатический показатель

Рецепторы

ЦНС

Нервные реакции

Эндокринные реакции

Поведение

Обратная связь

Рис. 32. Функциональная система поддержания гомеостаза



ОРГАНЫ ЧУВСТВ. АНАЛИЗАТОРЫ. СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ

Немного истории...

1606—1610 гг. *Немецкий астроном И. Кеплер первым доказал, что изображение формируется на сетчатке. Ранее чувствующей частью органа зрения считали хрусталик.*

1717 г. *Немецкий анатом А. Ривинус в работе «О пороках слуха» показал детали строения барабанной перепонки.*

Середина XVIII в. *Голландский математик и механик Д. Бернулли описал зрительный нерв и обнаружил желтое пятно на сетчатке.*

1794 г. *Английский ученый Д. Дальтон описал цветовую слепоту.*

1802 г. *Английский физик Т. Юнг высказал мысль о наличии в сетчатке трех типов рецепторов, каждый из которых реагирует на свой цвет.*

1850 г. *Немецкий естествоиспытатель, физиолог, математик, физик и психолог Г. Гельмгольц первым увидел сетчатку живого глаза человека с помощью созданного им глазного зеркала — офтальмоскопа.*

1851 г. *Итальянский анатом А. Корти впервые описал строение спирального органа — улитки, расположенной во внутреннем ухе.*

1863—1877 гг. *Г. Гельмгольц предложил резонансную теорию слуха, построил модель уха.*

§ 18. Общее знакомство с сенсорными системами



Для чего необходимы человеку органы чувств?

Анализаторы. С давних времен известно, что у человека пять чувств: зрение, слух, осязание, обоняние и вкус и, соответственно, пять органов чувств.

Живой организм не может существовать, не получая информации о состоянии и изменениях внешней и внутренней среды. Все воздействия извне и изнутри воспринимают рецепторы — нервные или другие специализированные клетки, которые преобразуют энергию раздражителя в электрическую и кодируют характеристики воздействия в виде нервных импульсов.

Свободных рецепторов мало. Как правило, чувствительные клетки вместе со специализированными вспомогательными образованиями, которые не обладают чувствительностью, а обеспечивают передачу и лучшее восприятие воздействия, составляют *орган чувств*. Например, орган зрения (глаз), орган слуха (ухо) и т. д.

Сигналы от рецепторов передаются в разные отделы центральной нервной системы, и на их основе возникают ощущения, т. е. осознанные психические состояния (рис. 33).

Совокупность анатомических образований, обеспечивающих анализ раздражителей в виде ощущений, И. П. Павлов назвал *анализатором* (от греч. *анализ* — разложение): «Анализаторами мы называем приборы, которые имеют своей задачей разлагать известную сложность внешнего мира на отдельные элементы».

В анализаторе И. П. Павлов выделил: периферический отдел, состоящий из рецепторов или органов чувств; проводниковый отдел, включающий нервные пути и центры ствола мозга; центральный, или корковый, отдел (рис. 34).

➤ В корковом отделе выделяют центральное ядро, осуществляющее тонкое различение — это чувствительные зоны, и периферию — ассоциативные зоны. Ассоциативные зоны играют важную роль в осуществлении сложных форм поведения. Они объединяют сигналы, поступающие от различных рецепторов: «...большие полушария, по-нашему, состоят из собрания анализаторов», — отмечал И. П. Павлов.

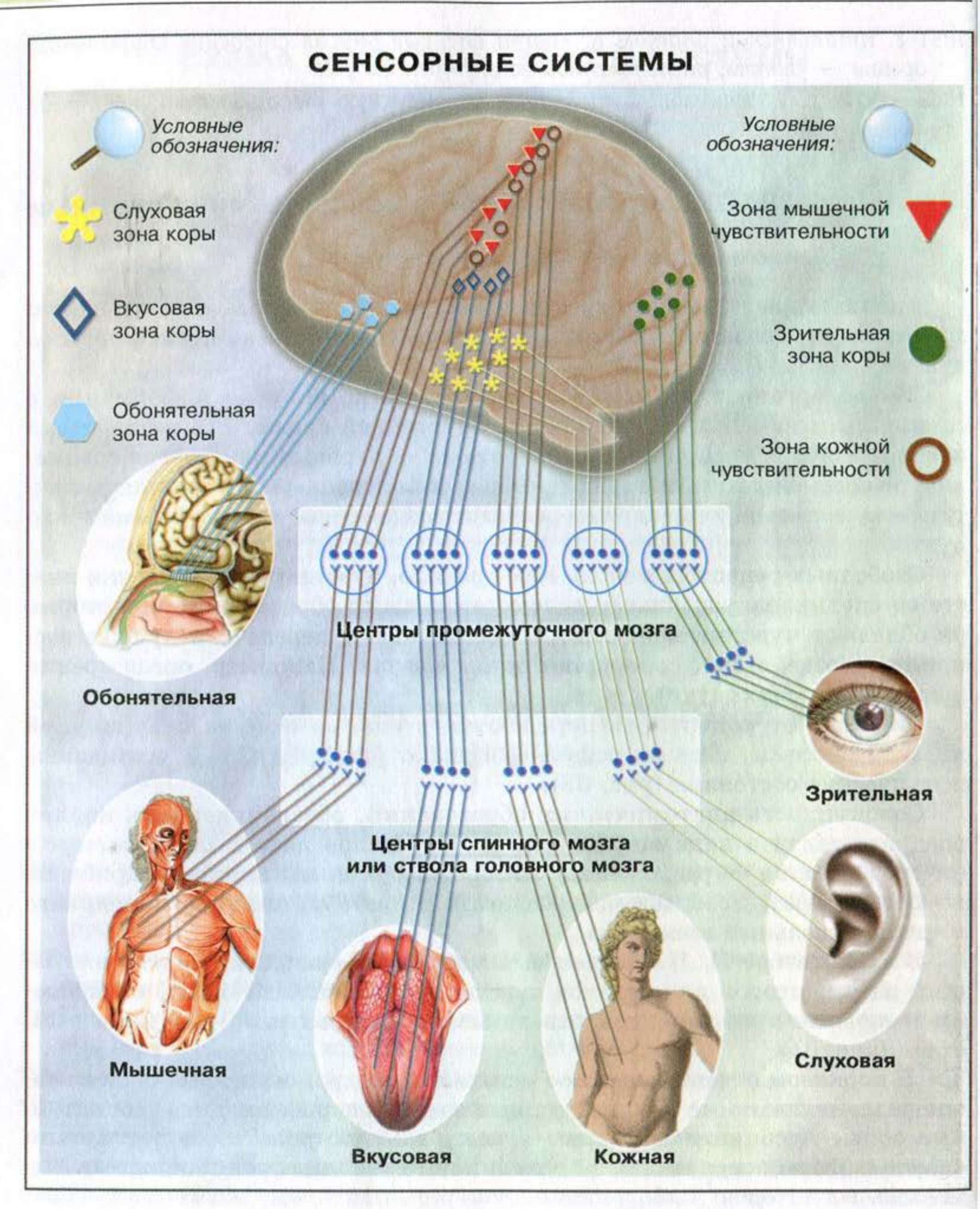


Рис. 33. Общий принцип организации сенсорных систем

Анализаторы позволяют организму воспринимать внешние сигналы, на которые он реагирует новыми действиями, либо изменять ход процессов, протекающих в данный момент.

Сенсорные системы. Организму необходимо оценивать не сами воздействия, а их биологический смысл. Наше восприятие избирательно: мы рассматриваем объекты и бегло, и сосредоточенно, на одни раздражители реагируем обостренно, на другие — безразлично. При ориентировочных реакциях повышается чувствительность всех органов чувств. Характер этих реакций зависит от сигналов из центральных отделов. Определение биологического значения внешних стимулов на основе анализа их физических параметров является функцией сенсорных (с лат. *сенсус* —восприятие, чувство) систем. Сенсорная система — это структура с более широкими, чем у анализатора, функциями. ◀

Значение анализаторов. Различные раздражители поддерживают возбудимость и активность нервной системы. При их недостаточности невозможно концентрированное внимание, логическое мышление. Внешние и внутренние стимулы обусловливают ощущения, на основе которых формируются представления об окружающем мире. Таким образом, происходит чувственное познание пространства, объективной действительности. Информация от рецепторов лежит в основе саморегуляции, в результате которой обеспечиваются гомеостаз и приспособительные реакции организма в среде обитания.

▶ Рецепторы органов чувств, передающие информацию в центральную нервную систему об изменениях во внешней среде, называют экстеро-

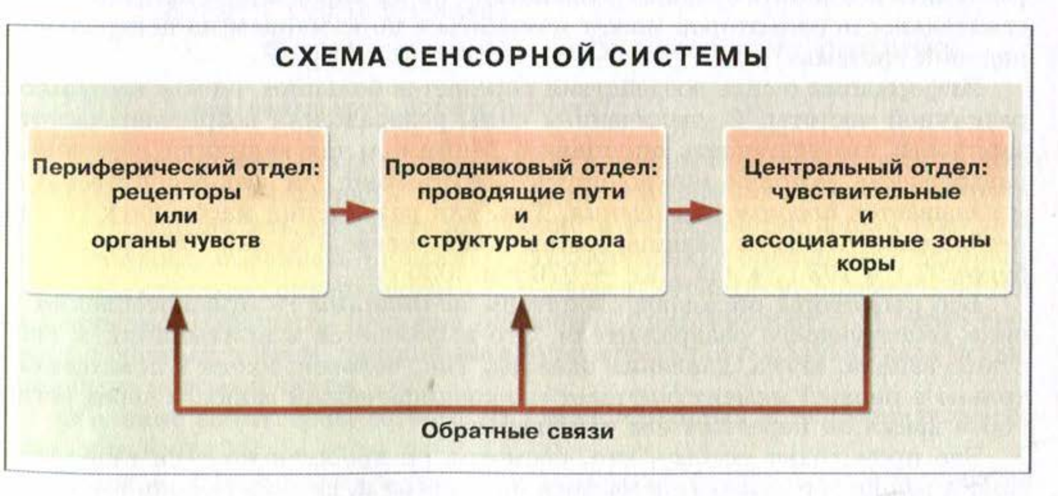


Рис. 34. Отделы сенсорной системы

рецепторами. Одни экстерорецепторы возбуждаются при непосредственном соприкосновении с раздражителем и воспринимают тепло, холод (терморецепторы), боль, прикосновение и давление (тактильное чувство), вкус (сладкое, кислое, горькое, соленое). Такие рецепторы называют контактными. Другие экстерорецепторы — дистантные, реагируют на свет, звук, запах, поступающие от источников, находящихся на расстоянии.

В конце XIX в. И. М. Сеченов открыл новый вид чувствительности — мышечное чувство, обеспечивающее ощущение положения и движения. Рецепторы вызывающие это чувство, называют проприорецепторами. Они воспринимают степень сокращения и расслабления мышц. К ним относят также рецепторы сухожилий и суставов.

Во внутренних органах находятся многочисленные интерорецепторы. Так, в стенках сосудов имеются рецепторы, реагирующие на изменения химического и газового состава крови, — хеморецепторы; давления крови — барорецепторы; механорецепторы, реагирующие на давление и растяжение органа.



Какими свойствами обладают рецепторы?

Свойства рецепторов. Все рецепторы отличаются высокой чувствительностью. Порог их раздражения, т. е. количество энергии, необходимой для возбуждения, чрезвычайно мал. Так, рецепторы глаза возбуждаются единичными квантами света. Однако чувствительность рецепторов избирательна. Например, глаз абсолютно безразличен к действию звука, а ухо — к действию света. Свойство избирательности позволяет сенсорным системам различать все многообразные воздействия по их характеру и природе. Чувствительность рецепторов может изменяться по командам из центральной нервной системы.

Информация о силе воздействия передается большим числом импульсов различной частоты. С увеличением силы раздражения возрастает частота зарядов и интенсивность ощущений. Минимальная величина изменения раздражения, которую можно ощутить, составляет для всех рецепторов 3 % и называется *порогом различения*. Так, для различения массы двух грузов необходимо, чтобы их разница составляла не менее 3 % : для 100 г массы это будет 97 г и 103 г, а для 1 кг — 970 г и 1030 г.

Все рецепторы обладают свойством *адаптации* — приспособления к силе действующего раздражителя. Это выражается в привыкании к действию запаха, шума, давления одежды. Так, человек, входя в помещение, только в первый момент ощущает его специфический запах, а через некоторое время он перестает его чувствовать.

Это происходит потому, что, несмотря на продолжающееся раздражение, в рецепторе снижается частота импульсов и, следовательно, вызываемая ими сила ощущений.

Рецепторы различаются по скорости адаптации. Нервная система использует это качество для анализа раздражителей. Так, быстрая адаптация дистантных рецепторов позволяет отслеживать движения объекта и изменения параметров стимула, дает возможность нервной системе переключать работу организма с одной деятельности на другую. При медленном изменении стимула передается информация о начале и об окончании его действия.

Уже на уровне рецепторов происходит различение раздражителей по характеру, интенсивности, месту действия и разделение информации по каналам передачи. После обработки в проводниковом подкорковом отделе эта информация поступает на нейроны коры больших полушарий, где формируются зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой образы объекта.

В результате взаимодействия различных сенсорных систем на уровне ассоциативных зон коры больших полушарий формируется целостная картина окружающей реальности.

Вопросы и задания

1. С помощью каких органов устанавливается связь нервной системы с внешней средой? **2.** Какими общими свойствами обладают рецепторы? **3.** Объясните, почему только взаимосвязь всех частей анализатора является необходимым условием его функционирования. **4.** В чем заключается различие между такими понятиями, как рецептор, орган чувств, анализатор? Ответ обоснуйте примерами.

§ 19. Глаз и зрение. Формирование изображения на сетчатке



В чем уникальность зрения человека?

Значение зрения. Посредством зрения человек воспринимает до 90 % всей информации. Уникальность зрения в том, что оно позволяет опознавать предмет, определять его местоположение в пространстве и прослеживать перемещения, оценивать окружающую обстановку. Зрение дает человеку возможность точно ориентироваться, овладевать грамотой, познавать науки и искусство, совершать трудовые операции. Анатомически глаз тесно связан с головным мозгом, так как светочувствительная оболочка глаза развивается из мозговой ткани.

Строение глаза. Глаз состоит из глазного яблока и вспомогательного аппарата (рис. 35).

Глазное яблоко лежит в глазнице. Оно имеет форму шара и состоит из трех оболочек и внутреннего ядра.

Наружная оболочка представляет собой капсулу цвета вареного белка куриного яйца — *белочную оболочку*, или *склеру*, которая защищает внутреннее ядро и позволяет сохранять его форму. Передняя часть склеры образована выступающей прозрачной *роговицей*, через которую внутрь проникает свет.

Средняя оболочка богата кровеносными сосудами. Ее называют *сосудистой*, а переднюю ее часть — *радужкой*. В состав сосудистой оболочки входит поглощающий свет черный пигментный слой.

Радужка имеет форму кольца. Цвет ее определяется составом и количеством пигментов; один из них — *меланин*. Отверстие в центре радужки — *зрачок*. Он способен суживаться и расширяться. Величину зрачка регулируют мышцы радужки.

Внутреннюю оболочку называют *сетчаткой*. Сетчатка, имея толщину около 0,2 мм, содержит фоторецепторы и несколько слоев нервных клеток.

Непосредственно к черным пигментным клеткам сосудистой оболочки прилегают фоторецепторные клетки — *палочки* и *колбочки*. Они содержат светочувствительные пигменты, для синтеза которых необходим витамин А.

В сетчатке насчитывают около 7 млн колбочек и примерно 130 млн палочек. Более чувствительные к свету палочки — это аппарат сумеречного зрения. Колбочки, чувствительность к свету которых в 500 раз меньше, образуют аппарат дневного и цветового зрения.

От фоторецепторов возбуждение передается нервным клеткам, расположенным в разных слоях сетчатки. Длинные их аксоны в совокупности образуют *зрительный нерв*.

Многочисленные нейроны и их отростки составляют густую сеть, которой сетчатка обязана своим названием. Плотность нервных клеток в сетчатке не меньше, чем в ядрах головного мозга. Сетчатка — это вынесенная на периферию часть головного мозга.

Колбочки и палочки распределены неравномерно. На дне глаза, напротив зрачка, находится желтое пятно, в углублении которого сосредоточены только колбочки. Это место наилучшего видения. К периферии число колбочек уменьшается, а палочек — возрастает. На краях сетчатки находятся только палочки.

Вблизи желтого пятна по направлению к переносице находится слепое пятно. Там нет фоторецепторов, и оно не воспринимает свет. Это место выхода зрительного нерва, образованного множеством волокон, по которым зрительная информация передается в мозг.

Внутреннее ядро глазного яблока представлено хрусталиком, стекловидным телом и жидкостью камер глаза. Пространство между роговицей и радужкой образует переднюю камеру, а между радужкой и хрусталиком — заднюю.

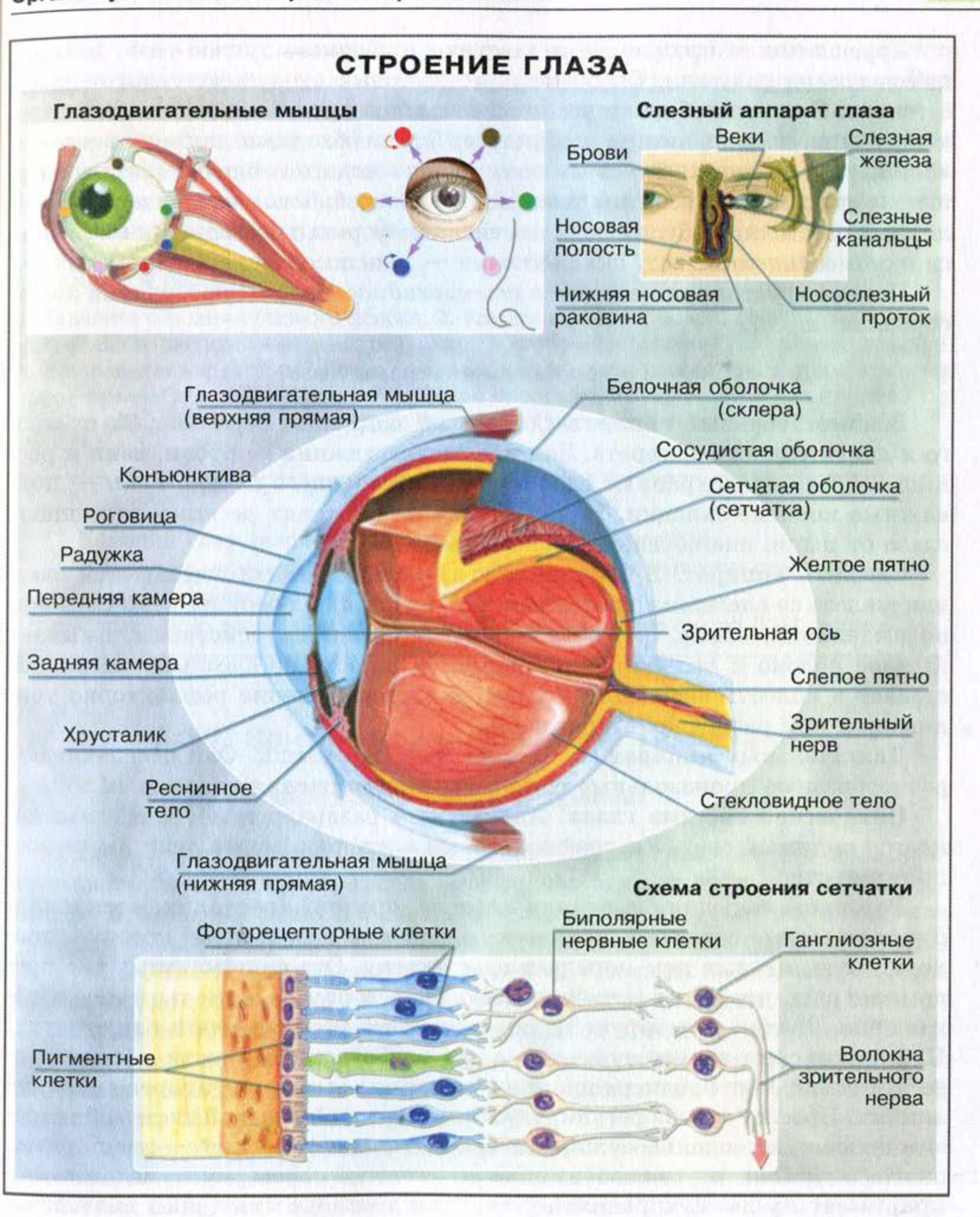


Рис. 35. Периферический отдел зрительной сенсорной системы

Хрусталик — прозрачное и эластичное двояковыпуклое тело, находящееся позади радужки. Он преломляет световые лучи и фокусирует их на сетчатке. При расслаблении ресничной мышцы хрусталик становится плоским, а при сокращении — выпуклым. Это необходимо для «дальнего» и «ближнего» видения. Одновременно хорошо видеть и близко расположенные, и отдаленные предметы невозможно. Способность глаза видеть на различном расстоянии обусловлена изменением формы хрусталика и называется *аккомодацией* (от лат. *аккомодатио* — приспособление к изменениям).

Позади хрусталика находится *стекловидное тело* — прозрачная желеобразная масса.



Для чего нужен вспомогательный аппарат глаза?

Вспомогательный аппарат. Состоит из защитных образований, слезного и двигательного аппарата. Защитные образования — брови, веки и ресницы. *Брови* предохраняют глаз от пота, стекающего со лба. *Веки* — подвижные кожные складки. Находящиеся на их краях *ресницы* защищают глаза от пыли, снега, дождя, яркого света.

Слезный аппарат. В наружном углу каждого глаза помещается слезная железа со слезными протоками, по которым под верхнее веко постоянно выделяется слеза. Она обладает бактерицидным действием, омывает глазное яблоко и увлажняет роговицу. Жидкость по слезным канальцам стекает в полость носа. Мигание век и слезовыделение рефлекторно усиливается при раздражении роговицы.

Двигательный аппарат состоит из трех пар мышц. Они обеспечивают разнообразные произвольные согласованные движения глазных яблок.

Оптическая система глаза. Адекватным раздражителем для глаза является видимый свет. Ультрафиолетовые и инфракрасные лучи им не воспринимаются.

Роговица, передняя и задняя камеры, зрачок, хрусталик, стекловидное тело вместе образуют *оптическую систему глаза*, через которую проходит свет, прежде чем попадает на сетчатку. Эта система линз так преломляет свет, что на сетчатке получается перевернутое и уменьшенное изображение. Зрачок регулирует количество света поступающего на сетчатку. При ярком свете зрачок сужается, а при слабой освещенности — расширяется. Расширение наблюдается при эмоциональных и ориентировочных реакциях. Просвет зрачка регулируется вегетативной нервной системой: парасимпатические волокна суживают зрачок, симпатические — расширяют.

Несмотря на то что изображение на сетчатке перевернуто, человек воспринимает предметы правильно, так как деятельность одних анализаторов корректируется другими. Если надеть специальные очки, переворачи-

вающие все «вверх ногами», то в первое время предметы видятся именно так, но уже через несколько суток они воспринимаются нормально. Восприятие окружающего мира основывается не только на зрительных ощущениях, но и на сведениях от других анализаторов. Важную роль играют анализаторы мышечного и кожного чувства, органы слуха и равновесия. В результате взаимодействия сенсорных систем возникает ощущение целостной картины внешнего мира.

Вопросы и задания

1. Опишите строение глазного яблока. **2.** Каковы функции бровей, ресниц, век, слезных желез? **3.** Где расположены и чем различаются колбочки и палочки? Какие у них свойства? **4.** Как работает хрусталик? Какое значение имеет аккомодация? **5.** Что представляет собой оптическая система глаза? **6.** Какое изображение получается на сетчатке? Постройте изображение на сетчатке. **7.** Выполните практическую работу № 4 (с. 276).

Для любознательных

Каждый глаз человека защищают около 320 ресниц.

В среднем мужчины моргают один раз за 5 с. За вычетом сна получается, что они ежедневно моргают 11 500 раз.

Слезные железы обоих глаз производят за сутки около 0,01 л слез.

§ 20. Зрительное восприятие. Гигиена зрения



В чем особенности зрительного восприятия?

Бинокулярное зрение. Человек видит двумя глазами, что позволяет оценивать глубину пространства. Это происходит от того, что лучи, идущие от предметов, попадают на идентичные участки сетчатки обоих глаз.

Зрительный анализатор состоит из двух симметричных отделов (рис. 36). От каждого глаза отходят зрительные нервы. Часть их волокон перекрещивается между собой таким образом, что сигналы от левых половин сетчаток обоих глаз поступают в левую часть мозга, а от правых — в правую. После переключения на следующий нейрон в промежуточном мозге информация поступает в высшие зрительные центры, расположенные в затылочных областях коры больших полушарий.

В восприятии зрительного образа участвуют оба полушария, каждое из которых получает информацию от правого и левого глаза. Поэтому человек может воспринимать величину, форму, объем предмета, оценивать расстояние до него. Эту способность называют *стереоскопическим зрением*.

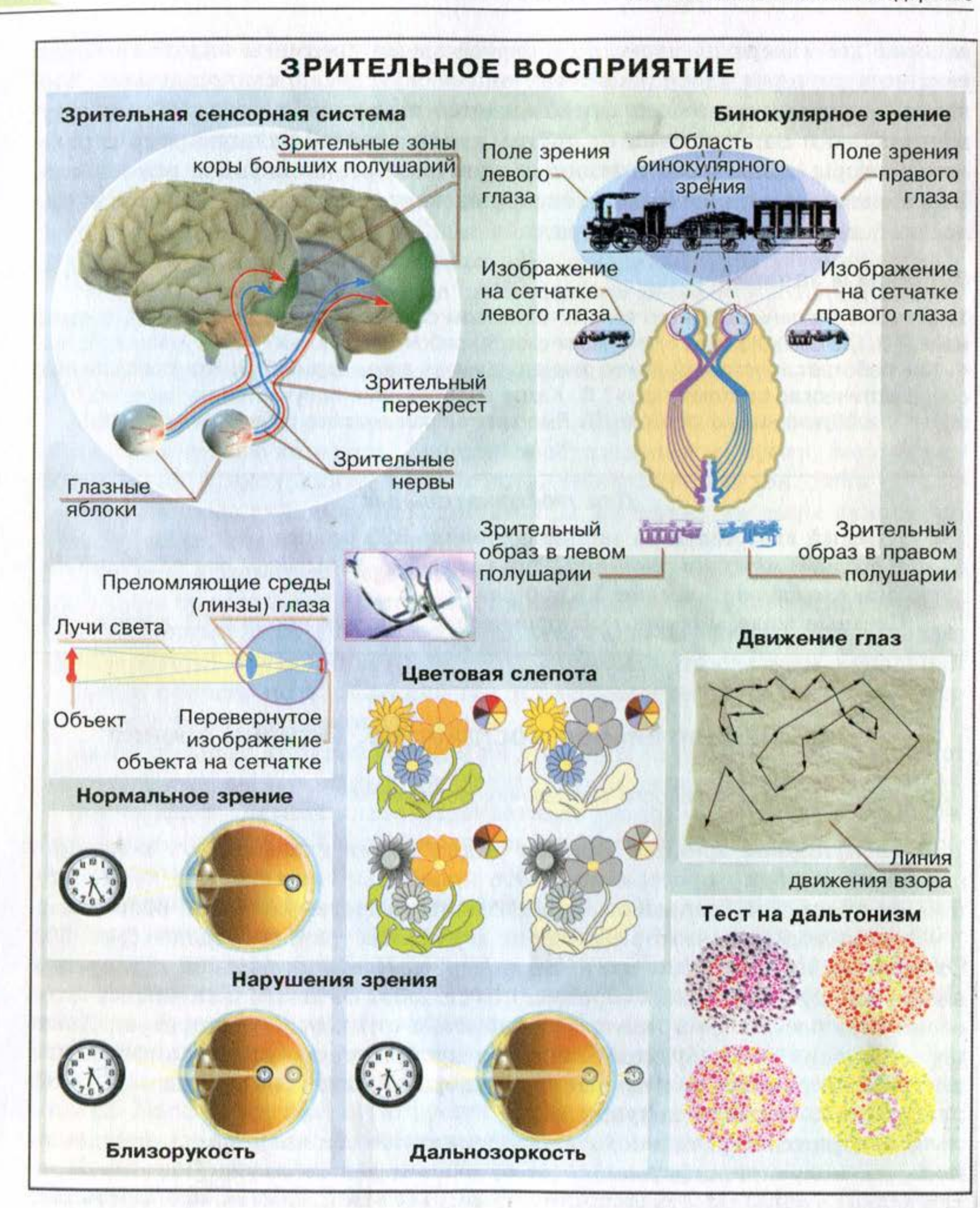


Рис. 36. Деятельность зрительной сенсорной системы

Механизм стереоскопического зрения основан на неодинаковом восприятии предмета обоими глазами. Левый глаз видит больше левую сторону, правый — правую. Если сделать снимок одного предмета, видимого отдельно левым и правым глазом, а потом изображения совместить с помощью специальных линз, как это делается в стереоскопе, то получится рельефное изображение.

Восприятие цвета. Цветовое зрение улучшает видимость предметов и дает дополнительную информацию о них, делает восприятие эмоциональным, красочным и доставляет эстетическое удовольствие при виде цветовой палитры. Восприятие цвета обеспечивается колбочками. В сумерках, когда функционируют только палочки, глаза не различают цвета.

Существует три типа колбочек, избирательно чувствительных к красному, зеленому и синему. Комбинация этих основных цветов дает всю гамму оттенков. В восприятии цветов участвуют не только фоторецепторы, но и структуры центральной нервной системы.

Движение глаз и восприятие образа. При рассматривании какого-либо предмета глаза совершают движения по сложной траектории. Тонкие линии на рисунке означают быстрое смещение взора, точки — моменты фиксации и остановки. Глаз все время движется скачками по контуру и отдельным участкам предмета. В результате изображение быстро перемещается по сетчатке, что позволяет видеть все его элементы.

Интенсивное движение глаз происходит лишь при первоначальном знакомстве с объектом. Для узнавания хорошо известных предметов достаточно беглого взгляда — они распознаются по отдельным признакам. То, что человек не успевает рассмотреть, он дополняет по памяти.


Как предупредить нарушения зрения?

Нарушения зрения. Наиболее часто встречающимися нарушениями зрения являются *близорукость*, *дальнозоркость*, *дальтонизм*, *катаракта*.

Острота зрения — одна из важных его характеристик. Это предельная способность различать мелкие детали. Она зависит от освещенности, контрастности деталей изображения, фона и других условий. При близорукости и дальнозоркости происходит снижение остроты зрения.

У *близоруких* глазное яблоко имеет удлиненную форму. Поэтому изображения предметов, расположенных далеко от глаз, возникают не на сетчатке, а перед ней, и очертания их кажутся расплывчатыми. Длительное рассматривание близкорасположенных предметов вызывает напряжение ресничных мышц и увеличение переднезаднего размера глаза. Развитию близорукости способствует плохое освещение, чтение лежа и другие факторы, усиливающие напряжение ресничных и наружных мышц. Близору-

кость может возникнуть и в результате увеличения выпуклости хрусталика либо вследствие некоторых заболеваний.

При *дальнозоркости* глазное яблоко укорочено, и фокус изображения близкорасположенных предметов находится за сетчаткой. Дальнозоркость развивается с возрастом вследствие потери эластичности и уменьшения выпуклости хрусталика.

Близорукие и дальнозоркие люди видят окружающие предметы неясно, расплывчато. Поэтому им необходима коррекция зрения с помощью очков. Для близоруких подбирают очки с двояковогнутыми линзами, уменьшающими преломление настолько, чтобы фокус изображения возникал на сетчатке. Дальнозорким для увеличения силы преломления лучей помогают двояковыпуклые линзы.

➤ **Цветовая слепота, или дальтонизм.** Нарушение цветового зрения встречается примерно у 8 % мужчин и 0,5 % женщин. Оно возникает из-за отсутствия зрительных пигментов в колбочках какого-либо типа. Различают формы, при которых отсутствует восприятие отдельно красного, зеленого или синего цвета. Человек, не воспринимающий красный цвет, не отличает светло-красный от темно-зеленого, а пурпурный и фиолетовый — от синего. Те, у кого отсутствует восприятие зеленого цвета, путают зеленые цвета с темно-красными. Очень редко встречается полная цветовая слепота. Такие люди видят все, как на черно-белой фотографии. ◀

Гигиена зрения. Для предупреждения нарушений зрения, защиты глаз от вредных воздействий нужно соблюдать гигиенические правила.

При постоянно плохом освещении и неправильной посадке вырабатывается привычка рассматривать предметы и читать на расстоянии ближе 30 см. Это приводит к напряжению мышечного аппарата глаза, изменению кривизны хрусталика, утомлению и ухудшению зрительного восприятия. В результате довольно быстро развивается близорукость.

Стол для занятий надо ставить у окна так, чтобы свет падал слева. С левой стороны должна находиться настольная лампа, защищенная абажуром, исключающим прямое попадание света в глаза. Рекомендуется использовать



Герман Людвиг Фердинанд ГЕЛЬМГОЛЬЦ (1821—1894). Выдающийся немецкий ученый. Его основные работы посвящены вопросам физиологии мышечного сокращения и физиологии органов чувств. Широко использовал в своих исследованиях достижения физики. Впервые измерил скорость распространения возбуждения по нервам. Выявил механизмы аккомодации, разработал учение о цветовом зрении, построил модель уха и создал резонансную теорию слуха. С 1868 г. иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук.

лампочку мощностью 50—60 Вт: слишком яркое освещение раздражает сетчатку и приводит к быстрому утомлению. Вредно читать в движущемся транспорте, особенно при плохом освещении. Из-за периодических толчков книга постоянно дергается и смещается в стороны. Удержание все время ускользающего текста в фокусе требует непрерывной деятельности мышц глаза, а это дополнительная нагрузка и для нервной системы. При чтении лежа нарушается привычная ориентация глаз и смещаются зрительные оси.

Даже при соблюдении всех гигиенических требований необходимо через каждые 30—40 мин занятий устраивать десятиминутный отдых, лучше всего на свежем воздухе.

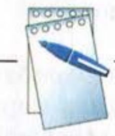
Телевизор рекомендуется смотреть в освещенной комнате с расстояния не ближе 2,5 м.

Ушибы, ранения, термические и химические ожоги могут стать причиной помутнения роговицы — образования бельма и потери зрения.

Попавшие в глаз мелкие пылинки извлекают чистым увлажненным носовым платком. Не следует увлажнять его слюной: можно внести в глаз инфекцию, часто вызывающую воспаление слизистой оболочки — *конъюнктивит*.

При тяжелых травмах глаза с разрывами оболочек недопустимы промывание и попытки удаления инородного тела, иначе глаз может вытечь и погибнуть. Нужно наложить на глаз повязку и отправить пострадавшего в больницу.

При попадании щелочей, кислот, ядовитых веществ в глаз необходимо немедленно промыть его чистой проточной водой в течение 15—20 мин, а затем срочно обратиться к врачу.



НАБЛЮДЕНИЯ И САМОНАБЛЮДЕНИЯ

Обнаружение слепого пятна (опыт Мариотта)



Закройте левый глаз и смотрите на точку в учебнике с расстояния ясного видения (около 40 см). Медленно приближайте изображение. В какой-то момент голова фигуры «исчезнет».

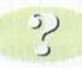
Поэкспериментируйте, приближая и удаляя страницу.

Вопросы и задания

1. Назовите преимущества бинокулярного зрения. **2.** Для чего необходимо движение глаз? **3.** Как происходит восприятие цвета? **4.** Какие нарушения цветового зрения вы знаете? В чем их причины? **5.** Как исправляют близорукость и дальнозоркость? **6.** Сформулируйте и обоснуйте правила гигиены зрения.


Художники давно заметили, что белый круг на черном фоне кажется больше черного круга на белом фоне, хотя в действительности их размеры одинаковы. Какая закономерность восприятия проявляется в этом примере?

§ 21. Ухо и слух. Орган равновесия


Какой орган обеспечивает восприятие звука и положение тела?

Значение слуха. Колебания давления воздуха ощущаются как звук. Направление, громкость, высоту, тембр и окраску звука анализирует слуховая сенсорная система. У человека она является частью системы, обеспечивающей членораздельную речь, без которой невозможно общение.

Слух играет большую роль в развитии чувства прекрасного. Когда человек слышит хорошую музыку, художественное чтение, пение птиц, он воспринимает окружающий его мир ярче и полнее.

Строение и функции органа слуха. У человека орган слуха состоит из наружного, среднего и внутреннего уха (рис. 37).

Наружное ухо состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода. *Ушная раковина* образована эластическим хрящом сложной формы и покрыта кожей. *Наружный слуховой проход* уходит в глубь височной кости. На всем протяжении он выстлан кожей с тонкими волосками и железами, выделяющими ушную серу.

Внутренний конец наружного слухового прохода замыкается *барабанной перепонкой*, разделяющей наружное и среднее ухо. Барабанная перепонка представляет тонкую пластинку, воспринимающую звуковые колебания. Она же надежно защищает среднее ухо от пылевых частиц, воды, микроорганизмов.

Среднее ухо. Находящееся внутри височной кости среднее ухо состоит из барабанной полости, слуховых косточек и слуховой трубы.

Барабанная полость, объемом около 1 см^3, ограничена барабанной перепонкой и внутренним ухом. В полости располагаются три подвижные миниатюрные *слуховые косточки*: *молоточек*, *наковальня* и *стремечко*, сочлененные друг с другом суставами. Эта система рычагов усиливает колебания барабанной перепонки при передаче их к внутреннему уху.

Полость среднего уха соединена *слуховой трубой* с *носоглоткой*. Поступающий по ней воздух уравновешивает давление на барабанную

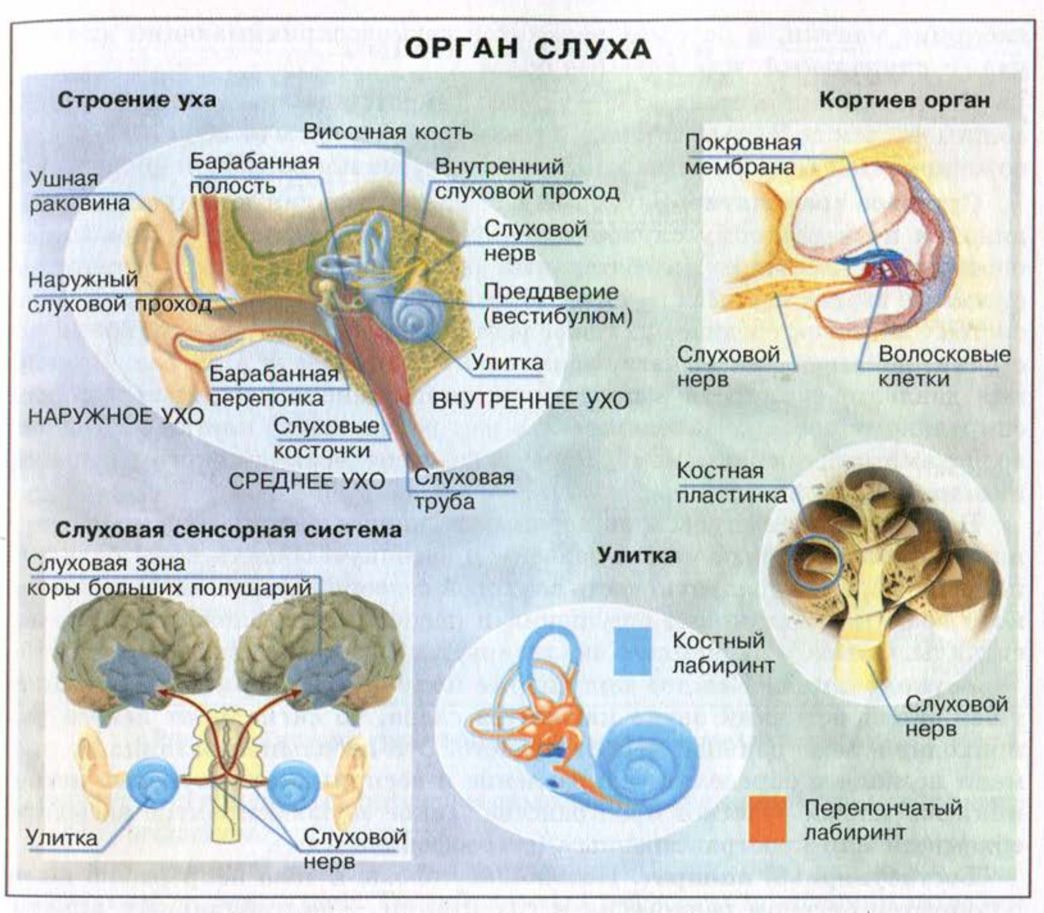


Рис. 37. Строение слуховой сенсорной системы

перепонку со стороны наружного слухового прохода. При взлете самолета или его снижении резко меняется давление воздуха на барабанную перепонку, и у пассажиров «закладывает уши». Глотательные движения, при которых воздух откачивается или нагнетается в полость среднего уха, устраняют эти неприятные ощущения.

Внутреннее ухо. В полости височной кости находится *костный лабиринт*, внутри которого, как в футляре, расположен *перепончатый лабиринт*. Пространство между ними заполнено жидкостью. В лабиринте различают *улитку*, являющуюся органом слуха, *преддверие* и *полукружные каналы* — это *орган равновесия, вестибулярный аппарат*.

Улитка представляет собой спиральный костный канал, свернутый наподобие раковины в 2,5 завитка. В него как бы вставлен перепончатый

лабиринт улитки, в котором находится звуковоспринимающий аппарат уха — *спиральный*, или *кортиев орган*.

Кортиев орган состоит из 3—4 рядов рецепторных волосковых клеток, общим числом до 24 тыс. В каждой рецепторной клетке от 30 до 120 микроворсинок. Над волосковыми клетками нависает покровная мембрана.

Слуховое восприятие. Звуковые колебания улавливаются ушной раковиной и по наружному слуховому проходу направляются к барабанной перепонке, вызывая ее колебательные движения. Частота их соответствует высоте звука, а размах — силе. Колебания барабанной перепонки через систему косточек среднего уха передаются улитке. При этом слуховые косточки, действуя как рычаги, усиливают их примерно в 20 раз. Изменения давления жидкости в полости костного канала улитки передаются спиральному органу. Находящиеся в нем рецепторные клетки ударяются волосками о покровную мембрану и вследствие механического раздражения возбуждаются.

Возникающие импульсы по нервным волокнам поступают в мост, средний и промежуточный мозг и далее — в височную область коры больших полушарий, в центральную часть слуховой сенсорной системы. В височной коре возникают слуховые ощущения и распознаются сложные звуковые сигналы. Смысл услышанного анализируется в ассоциативных зонах коры.

Звуколокация. Каждое полушарие получает информацию от обоих ушей. Если источник звука находится слева, то сигналы от левого уха приходят в мозг раньше, чем от правого. Эта небольшая разница во времени позволяет определять направление и воспринимать звуковые источники из разных участков пространства. Такое звуковосприятие называют объемным или пространственным (стереофоническим).

Вестибулярный аппарат. Положение головы и тела непрерывно контролируется органом равновесия и гравитации — вестибулярным аппаратом. Благодаря ему человек может изменять позу, перемещаться.

Периферический отдел вестибулярного анализатора является частью внутреннего уха. Он включает костный лабиринт и расположенный внутри его перепончатый. Вестибулярный аппарат состоит из трех полукружных каналов, имеющих расширения, и преддверия, представленного двумя мешочками (рис. 38). Каналы лежат в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, что позволяет определять положение и перемещение тела в трехмерном пространстве. В расширениях каналов и в мешочках находятся скопления рецепторных волосковых клеток, погруженных в студенистую массу. В мешочках к ней примешаны *отолиты* — кристаллы $CaCO_3$ (карбонат кальция). При движении головы или туловища вся эта масса смещается, надавливает на волоски и возбуждает рецепторы. Информация об изменении положения тела поступает в различные отделы ЦНС и

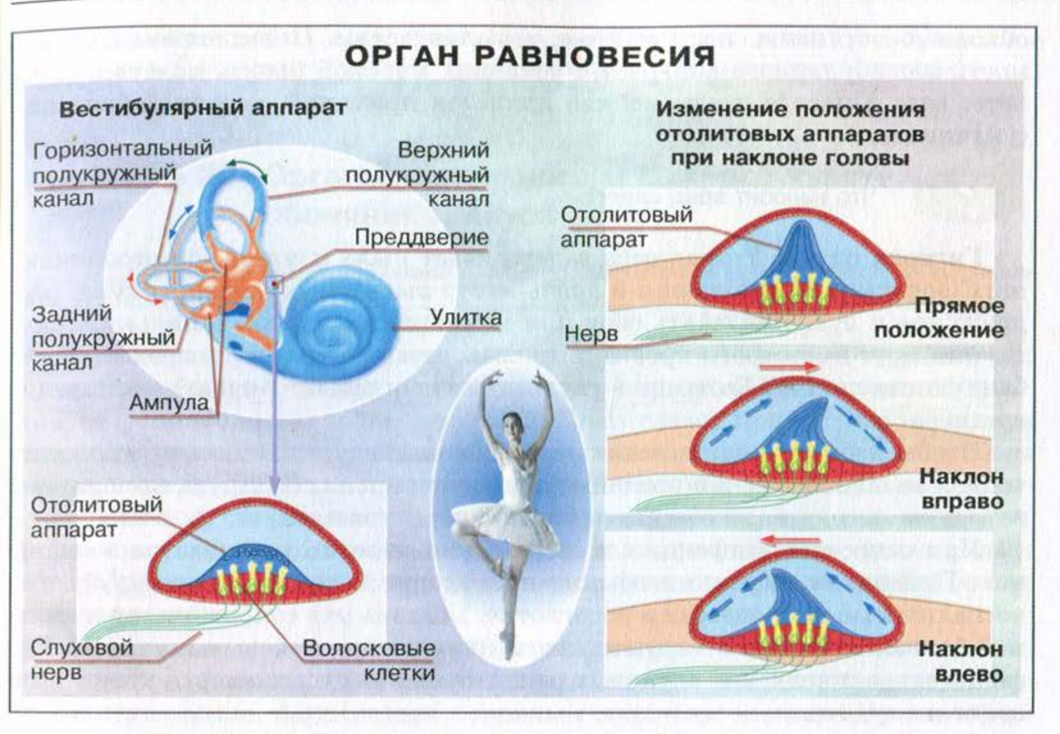


Рис. 38. Система гравитации, или вестибулярный аппарат

вызывает вестибулярные рефлексы положения, движения глаз, выпрямительные рефлексы.

Новорожденный в вертикальном положении открывает глаза, а в горизонтальном — закрывает. Вестибулярные рефлексы положения выражаются в изменениях тонуса сгибателей рук при наклоне головы и разгибателей — при ее запрокидывании. Наклон и поворот головы в сторону сопровождается разгибанием конечностей на стороне наклона. Рефлексы от вестибулярных рецепторов на вращение выражаются в повороте головы и движении глаз в сторону, противоположную вращению, а на перемещение по вертикали — подниманием глаз, рук и головы при движении вниз и противоположных реакциях — при движении вверх. Выпрямительные рефлексы проявляются в том, что при любом двигательном акте, например вставании, правильное положение придается сначала голове, а затем туловищу.

Человек с поврежденными полукружными каналами или с другими нарушениями вестибулярной чувствительности не может уверенно стоять и ходить. Точное ощущение положения тела в пространстве особенно не-

обходимо летчикам, космонавтам, аквалангистам. Повышенная возбудимость вестибулярного аппарата в условиях морской качки, полета в самолете, езде в поезде и автомобиле является причиной «морской болезни» (укачивания).



Что наносит вред слуху?

Гигиена слуха. Ушная сера задерживает пыль и микробов, проникающих снаружи. Ее скопления и грязь могут вызвать ухудшение слуха, раздражение и зуд. Извлекать серу при помощи карандаша, шпильки, спички или другого острого предмета нельзя, так как можно повредить барабанную перепонку. Ее травма ухудшит слух и может вызвать воспаление среднего уха.

Чтобы избежать накопления ушной серы следует ежедневно мыть уши теплой мыльной водой с помощью ватного тампона. В сырую, холодную и ветреную погоду надо оберегать уши от переохлаждения.

При занесении инфекции в среднее ухо нередко развивается воспаление. Попадание инфекции обычно происходит через слуховую трубу при воспалительных процессах в носоглотке. Болезнь уха сопровождается сильной болью, зачастую с нарушением подвижности слуховых косточек. Инфекционное поражение слуховых рецепторов и слухового нерва может привести к глухоте.

Вредны для слуха и чрезмерно сильные звуки. Длительное пребывание в среде, «загрязненной» избыточными звуками («звуковыми шумами»), может привести к тугоухости или вызвать раздражительность, ухудшение сна, головные боли, повышение артериального давления. К шуму относят все посторонние, громкие и часто беспорядочные звуки.

Человек должен быть защищен от вредного воздействия шума. На производствах с высоким уровнем шумов используют специальные приспособления: звукоизолирующие и звукопоглощающие материалы, звуконепроницаемые наушники. В крупных городах вводят особые меры по снижению уличного шума, например устанавливают защитные экраны, окружают дома посадками деревьев.

Вопросы и задания

1. Назовите отделы слухового анализатора. В какой его части происходит окончательное различение звуков? **2.** Как человек определяет положение источника звука в пространстве? **3.** Зачем при воздействии очень сильных звуков рекомендуется делать глотательные движения? **4.** Объясните связь слуха и речи. Приведите примеры. **5.** Опишите строение и функции вестибулярного аппарата. **6.** Раскройте взаимосвязь строения и функций наружного, среднего и внутреннего уха. **7.** Выполните практическую работу № 5 (с. 276).


Перед вами два человека. Один из них глухой, а другой пытается симулировать глухоту. Предложите способ, с помощью которого можно выявить симулянта.

§ 22. Органы мышечного и кожного чувств, обоняния и вкуса


Почему мышечное, кожное чувство, обоняние и вкус являются сенсорными системами?

Мышечное чувство. В толще мышц и сухожилий находятся рецепторы, которые возбуждаются при растяжении этих органов. Благодаря информации от рецепторов человек может, закрыв глаза, привести конечности в любое положение или совершенно точным движением коснуться пальцем кончика носа, придать телу любую позу. Мышечные рецепторы контролируют величину сокращения мышцы и силу напряжения при рефлекторных движениях. Чувство ощущения своего тела, реализация врожденных и выработанных движений при обучении и тренировке невозможны без их участия.

Мышечные рецепторы (рис. 39) представляют собой пучок заключенных в капсулу специализированных волокон, простирающихся от сухожилия к сухожилию, параллельно основным волокнам мышцы. За свою форму они получили название мышечных веретен. В экваториальной области эти волокна охватывают закрученные в виде спирали нервные окончания. При растяжении мышцы капсула веретена уплощается и надавливает на нервное окончание, вызывая в нем импульсный разряд различной частоты. Таким способом мышечное веретено измеряет длину мышцы.

Импульсы от нервных окончаний веретена, возникающие в результате растяжения мышц, например после удара по ахиллову сухожилию или сухожилию четырехглавой мышцы бедра, вызывают двухнейронные рефлекторные реакции этих мышц — ахиллов и коленный рефлексы.

Сухожильные рецепторы соединены с мышечными волокнами последовательно и измеряют напряжение, развиваемое при сокращении.

Высший отдел мышечного чувства находится в теменных долях коры больших полушарий. Управление произвольными движениями осуществляется нейронами лобных долей мозга.

Кожное чувство. Значительную часть информации от окружающего мира человек воспринимает с помощью кожи — *осязанием*. Кожные рецепторы представлены свободными или заключенными в капсулу нервными окончаниями. Одни из них реагируют на давление и прикосновение, другие — на тепло или холод, раздражение иных вызывает боль.

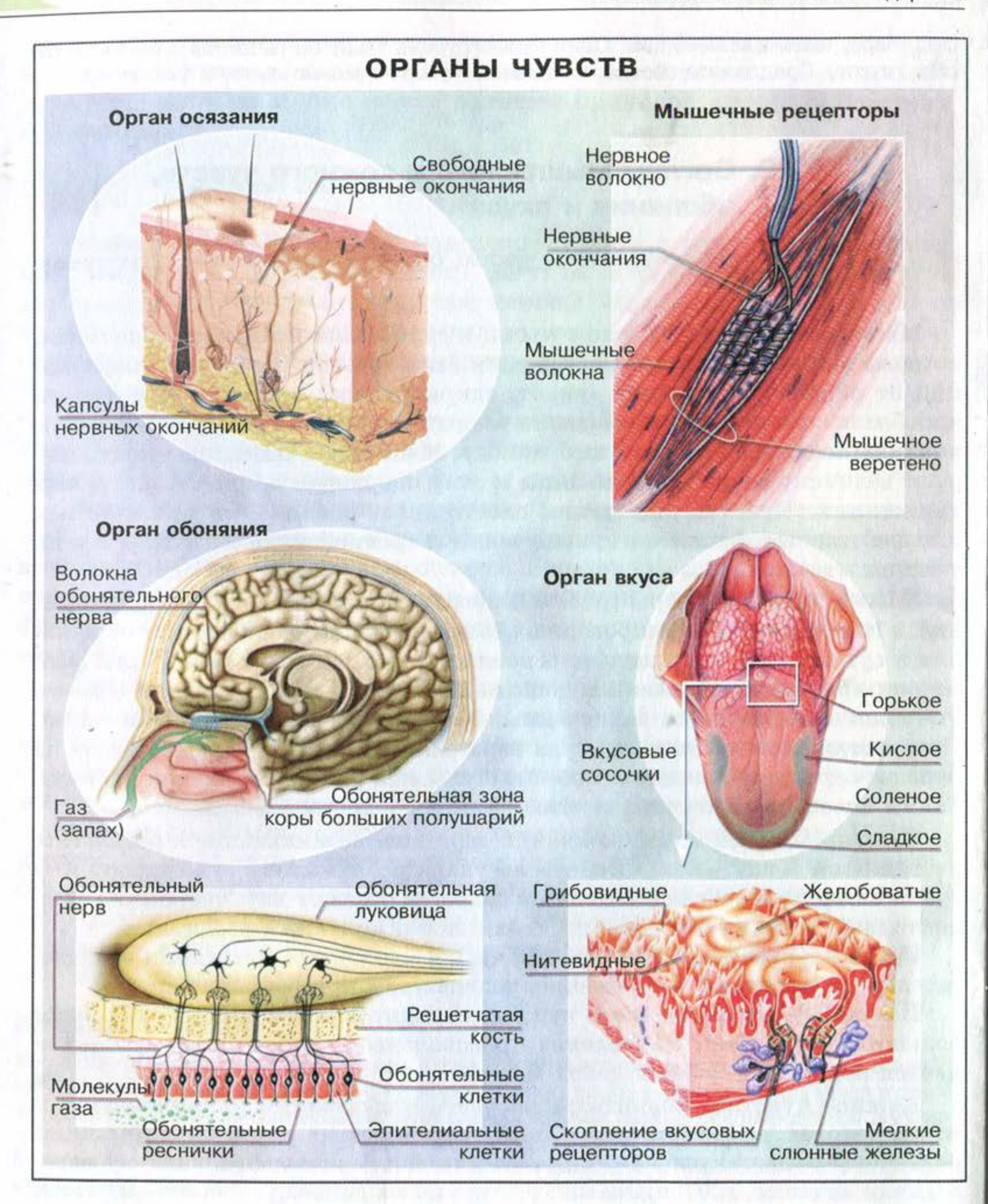


Рис. 39. Органы мышечного и кожного чувств, обоняния и вкуса

Число болевых рецепторов в некоторых местах кожи достигает 100 на 1 $см^2$ поверхности. Боль — это сигнал тревоги, призыв к мобилизации. Положение болевых точек на коже человек может определить с большой точностью. Сигналы от внутренних органов идентифицируются значительно труднее, так как они распространяются диффузно. Человек не способен приспособиться к боли, потому что болевые рецепторы в сравнении с другими очень медленно адаптируются.

Изменения температуры воспринимают холодовые и тепловые рецепторы. Холодовые рецепторы расположены ближе к поверхности кожи, чем тепловые. Больше всего их на лице и губах. Это свидетельствует о ведущей роли холодовых рецепторов в регуляции температуры тела и защите организма от переохлаждения.

Важнейшее кожное чувство — осязание (ощущение прикосновения и давления) создается благодаря специальным рецепторам. Больше всего их на подушечках пальцев, на губах и кончике языка. В коже, у корней волос находятся нервные окончания, возбуждающиеся при малейшем сгибании стержня волоса.

Эволюция человека, связанная с трудовой деятельностью, привела к концентрации кожных рецепторов на кончиках пальцев рук. Проекции от них имеют самое большое представительство в коре мозга. Благодаря этому, ощупывая предметы с закрытыми глазами, человек может определять их форму, величину, характер поверхности, температуру.

Рецепторы ступней ног, воспринимая давление тела, помогают контролировать движения во время стояния, бега, ходьбы.

Кожное чувство предотвращает многие повреждения тела: стоит человеку прикоснуться к чему-то острому или горячему — возникает сгибательный рефлекс.

Осязание особенно сильно развито у слепых. Благодаря ему эти люди овладевают специальным способом чтения: в книгах для незрячих шрифт выдавлен на плотной бумаге, и слепой человек кончиками пальцев «считывает» выпуклый текст.

Обоняние. В верхней части эпителия полости носа расположены обонятельные рецепторные клетки, возбуждающиеся при действии пахучих газообразных веществ. Они обладают большой чувствительностью и быстрой адаптацией. Каждая обонятельная клетка избирательно чувствительна к веществам определенного химического состава. От рецепторных клеток возбуждение передается на нейроны, по волокнам которых в составе обонятельного нерва сигналы проводятся в обонятельную зону коры больших полушарий. Там происходит различение запахов.

Особенностью обонятельной сенсорной системы, в отличие от других, является передача информации от рецепторов в обонятельную кору, минуя

переключающие нейроны таламуса. Это указывает на важное биологическое значение запаховой сигнализации.

Возбуждение обонятельных клеток вызывают лишь летучие вещества в воздухе или растворенные в воде и жирах. Одни запахи приятны, другие вызывают отвращение. Обычно они ассоциируются с веществами, которые их издают: запахи свежего сена, сирени, фиалок, апельсинов относят к приятным, а запахи сероводорода, аммиака, пота — к неприятным. Неприятные запахи и резкие пахучие вещества вызывают защитные рефлексы: задержку дыхания, чихание.

Вкус. Как и обоняние, вкус основан на восприятии химических веществ. На языке находятся небольшие бугорки разной формы — сосочки, на которых расположены *вкусовые почки*. Они ведут в небольшую камеру; на дне ее располагаются рецепторные клетки, избирательно реагирующие на горькое, сладкое, кислое и соленое. На вкусовые рецепторы действуют лишь растворенные вещества. Разные участки языка по-разному воспринимают их: кончик языка более чувствителен к сладкому, корень и края — к горькому, боковые области — к кислому, а передняя и боковые части — к соленому. По нервным волокнам сигналы поступают в ядра ствола, таламус и далее — во вкусовую зону коры больших полушарий. Несъедобные или ядовитые вещества с горьким, неприятным вкусом раздражают рецепторы задней поверхности языка и вызывают защитный рефлекс.

При обычном восприятии пищи активируются все вкусовые рецепторы. Сигналы от рецепторов кислого, сладкого, горького и соленого создают сложный вкусовой образ, который возникает, когда вы едите, например, торт, лимон, мороженое и др. Обязательно участвует в этом процессе и обоняние. Во время насморка человек часто утрачивает вкус. Вкусовая чувствительность зависит и от эмоционального состояния.

В создании вкусового образа пищи значительную роль играют тактильные и температурные ощущения. Человек оценивает пищу не только по ее химическим свойствам, но и по механическим и температурным признакам. Холодная или горячая пища понижает чувствительность вкусовых и обонятельных рецепторов. Наибольшую выразительность вкусовой букет имеет при 24 °С. При участии вкусовой сенсорной системы пища опробуется и рефлекторно регулирует начало пищеварения — слюноотделение и желудочную секрецию.

Взаимодействие анализаторов. Окружающий мир человек воспринимает как целое. Формирующиеся у нас образы внешних предметов и явлений — результат объединенной работы большинства сенсорных систем. Это позволяет человеку легко ориентироваться в бесконечном разнообразии окружающего мира. Взаимодействие отдельных ощущений происходит в коре головного мозга.

В этом убеждает анализ работы шофера. Тонкое различение зрительных сигналов позволяет ему определять направление движения, объезжать препятствия, следить за показаниями спидометра и других приборов. Кожное и мышечное чувства дают возможность, не глядя, находить рычаги и педали управления. Различение ощущений, получаемых от натяжения мышц, позволяет водителю точно соразмерять повороты рулевого колеса и силу нажима на педаль газа с направлением и скоростью движения автомобиля, которые он определяет с помощью зрения.

Вопросы и задания

1. Какую роль играют мышечные рецепторы в движении? **2.** Что такое осязание? **3.** Какое значение имеют для человека обоняние и вкус? **4.** Приведите примеры взаимодействия анализаторов. Какое значение это взаимодействие имеет в жизни человека?



1. Назовите условие, которое необходимо соблюсти, чтобы обычный репчатый лук при употреблении стал таким же сладким, как яблоко.

2. Если слабым электрическим током раздражать очень маленькие участки кожи человека, то чаще всего у него появляется ощущение прикосновения или легкого укола, реже — ощущение холода, а еще реже — ощущение тепла. Как это можно объяснить?

Для любознательных

Самая низкая частота колебаний, воспринимаемая человеческим ухом, составляет 16 Гц (16 колебаний в секунду).

Наибольшая частота колебаний, воспринимаемая человеческим ухом, составляет 21 тыс. Гц, тогда как дельфины способны воспринимать звуки до 280 тыс. Гц.

Обонятельные рецепторы позволяют человеку ощущать запах вещества с ароматом фиалки даже тогда, когда на 30 млрд частей воздуха приходится всего одна часть этого вещества.

Каждая обонятельная клетка имеет 10—12 колеблющихся волосков, увеличивающих ее поверхность в 100—200 раз.

На языке, глотке и нёбе человека находится около 2 тыс. вкусовых почек.

Темы сообщений и рефератов

1. Всегда ли можно доверять своим глазам?
2. Самый большой и самый древний сенсорный орган человека.
3. Что и как мы слышим?
4. Обоняние — источник наслаждения.



ПОВЕДЕНИЕ

Немного истории...

1732—1734 гг. *Немецкий философ Х. Вольф (1679—1754) в книге «Эмпирическая психология» ввел в науку термин «психология».*

1758 г. *Швейцарский естествоиспытатель А. Галлер охарактеризовал инстинктивное поведение животных.*

1872 г. *Английский биолог Ч. Дарвин опубликовал книгу «Выражение эмоций у человека и животных».*

1909 г. *На общем собрании XII съезда естествоиспытателей России И. П. Павлов произнес речь «Естествознание и мозг», в которой обосновал необходимость объективного подхода к изучению психики и указал на условные рефлексы, как на биологические акты.*

1911 г. *Российский физиолог А. А. Ухтомский создал учение (теорию) о доминанте, которая определяет характер рефлекторной реакции нервной системы.*

30-е годы XX в. *Российский физиолог П. К. Анохин создал теорию о функциональных системах.*

1973 г. *Нобелевская премия присуждена немецкому энтомологу К. Фришу, австрийскому зоологу К. Лоренцу и нидерландскому этологу и зоопсихологу Н. Тинбергену за исследования индивидуального и группового поведения животных.*

§ 23. Рефлекторная теория поведения



Почему в основе поведения человека и животных лежит рефлекс?

Функции мозга долго оставались неизвестными, хотя предположения об их связи с поведением и психической деятельностью организмов возникли очень давно. Первые научно обоснованные факты причастности произвольных движений и ощущений к мозговой деятельности были получены римским врачом Галеном. Он обнаружил, что головной и спинной мозг связаны нервами со всеми органами. После перерезки мышечного нерва наступал паралич этой мышцы — она теряла подвижность. Органы чувств после аналогичной операции переставали функционировать.

В средние века французский математик, философ и физиолог Рене Декарт рассматривал организм как машину, действующую наподобие несложных механических устройств того времени — кузнечных мехов, часов и т. п. Декарт считал, что внешние воздействия натягивают «нити», идущие в нервах от органов чувств к мозгу. «Нити» открывают клапаны, и «животные духи» из мозга поступают в мышцы, раздувая их. В резуль-

тате этого мышцы сокращаются и приводят в движение тело. Декарту удалось показать, что многие действия человек совершает рефлекторно, в ответ на воздействия окружающей среды.

С конца XVIII в. ученые начали проводить физиологические эксперименты на мозге животных. Чешский физиолог Й. Прохаска подтвердил догадку Декарта о том, что спинной мозг работает по рефлекторному принципу, отражая воздействия извне.

Дальнейшее развитие рефлекторная теория поведения получила в трудах отечественных ученых — И. М. Сеченова, И. П. Павлова, А. А. Ухтомского, П. К. Анохина и многих других.

В своей работе «Рефлексы головного мозга», опубликованной в 1863 г., И. М. Сеченов выдвинул смелую гипотезу о связи сложных проявлений поведения и психики, сознания и мышления с рефлекторной деятельностью головного мозга. Он экспериментально доказал, что головной мозг способен как усиливать ответ на раздражение, так и тормозить его.

Идеи И. М. Сеченова были развиты и экспериментально обоснованы И. П. Павловым. Им создано *учение о высшей нервной деятельности* (ВНД).

➤ Высшая нервная деятельность — это нейрофизиологические процессы, результатом которых является опознание сигналов, запоминание и поведение, т. е. психические функции и состояния. Понятие высшая нервная деятельность (ВНД) было введено И. П. Павловым вместо понятия психическая деятельность.

И. П. Павлов показал, что в основе психики лежат нервные процессы, охватывающие весь мозг и особенно его высший отдел — кору больших полушарий. Специально разработанными методами он установил, что при определенных условиях раздражитель, ранее безразличный, приобретает сигнальное значение, становясь биологически важным. В этом заключена суть образования группы рефлексов, названных условными. Эти приобретенные в результате обучения реакции составляют индивидуальный опыт.

Условные рефлексы, в отличие от безусловных, образуются на протяжении всей жизни. Они менее прочны и могут быть заторможены. Взаимодействие врожденных безусловных и накопленных условных рефлексов лежит, по И. П. Павлову, в основе высшей нервной деятельности (ВНД). Эти представления позволили сформулировать три главных принципа поведения и психической деятельности — причинности, структурности, единства анализа и синтеза.

В соответствии с принципом причинности в организме не происходит ни одного нервного явления без причины, без повода, или толчка.

Принцип структурности свидетельствует о том, что отдельные функции связаны с определенными участками центральной нервной системы.

Принцип единства анализа и синтеза заключается в том, что любое воздействие мозг вначале анализирует по качественным и количественным признакам, а также по биологической значимости. И уже затем, на основе результатов анализа, формируется соответствующее поведение. Аналитико-синтетическую деятельность — в сущности, мышление — И. П. Павлов выделил как особую форму поведения.

Итак, компонентами ВНД являются наследственные безусловные и приобретенные в течение жизни условные рефлексы, а также аналитико-синтетическая, рассудочная деятельность мозга.

Основная и функциональная единица поведения, по И. П. Павлову, — это взаимодействие доминанты и условных рефлексов: доминанта придает поведению активный и направленный характер, а опыт в виде специализированных условных рефлексов обеспечивает соответствие поведения с реальной ситуацией.

Доминанта. И. П. Павлов заметил, что если бы место больших полушарий с оптимальной возбудимостью светилось, то мы увидели бы, как оно, перемещаясь, постоянно изменяется по форме, величине и яркости.

Такой устойчивый очаг повышенной возбудимости А. А. Ухтомский и назвал *доминантой* (от лат. *доминанс* — господствующий). Ученый отметил, что это временно господствующий рефлекс. Доминанты постоянно сменяют друг друга, например при ритмических движениях поочередно доминируют центры сгибания и разгибания. В каждый момент господствуют ведущие для выживания рефлексы или потребности.

Доминантному очагу присущи такие особенности: инерция — доминанта длится, пока существует потребность; торможение соседних центров и подчинение себе их деятельности; способность притягивать возбуждения из других зон мозга и усиливаться за счет этого. Так, при потребности в воде или пище формируются стойкие очаги возбуждения, исчезающие по мере удовлетворения этих потребностей. Имеющиеся пищевые потребности снижают продуктивность в других сферах деятельности и значительно обостряются при запахе, разговоре о воде или пище.

Доминанта придает поведению активный избирательный и целенаправленный характер. Она является основой мотивации и таких психических процессов, как внимание, сосредоточенность, целеустремленность и воля. Например, когда мы сильно увлечены делом, то можем не услышать, как к нам обращаются, слабо или совсем не реагируем на происходящее вокруг.

Однако появление длительно не затухающих очагов доминантного возбуждения может стать причиной психических расстройств.

Функциональная система поведения. Успешное выполнение любой деятельности зависит от объединенной и согласованной работы многих органов.

В представлении П. К. Анохина поведение является функциональной системой с множеством чувствительных и рабочих звеньев, нацеленных на достижение приспособительного результата.

После достижения результата, т. е. удовлетворения потребности, доминанта угасает. Органы и системы объединяются в другую функциональную систему, удовлетворяющую новые потребности. Такое временное объединение органов и систем, направленное на решение определенной жизненной задачи, П. К. Анохин назвал *функциональной системой*. Она позволяет организму выработать программу действий, способствующих достижению цели с максимальной эффективностью. В то же время при необходимости, основываясь на информации, которая постоянно поступает от рабочих органов по каналам обратной связи, организм может вносить в программу поправки.

В настоящее время проблемами поведения человека и животных занимается ряд тесно связанных между собой наук. Среди них психофизиология, этология и зоопсихология и др.

Психофизиология — наука о физиологических механизмах психических явлений.

Этология — наука о поведении животных в естественных условиях существования.

Зоопсихология — наука о проявлениях, формах, закономерностях и развитии психической деятельности животных.

Вопросы и задания

1. Какова роль Р. Декарта в становлении рефлекторной теории? **2.** В чем сущность доминанты? **3.** Почему И. М. Сеченова и И. П. Павлова считают основоположниками учения о высшей нервной деятельности? **4.** Что такое функциональная система?

§ 24. Наследственные программы поведения. Запечатление



Какое биологическое значение в жизни человека и животных имеют жесткие программы поведения?

К жестким наследственным программам поведения животных и человека относят безусловные рефлексы и инстинкты.

Безусловные рефлексы. Наиболее простой формой врожденного поведения считают безусловные рефлексы. *Безусловные рефлексы* — видовые, генетически закрепленные и стереотипные реакции организма на внешние и внутренние раздражители (стимулы), организуемые центральной нервной системой.

Известны пищевые, оборонительные, половые и ориентировочные безусловные рефлексы.

Важный безусловный рефлекс — *ориентировочный*. И. П. Павлов назвал его рефлексом «Что такое?». Он возникает на новые раздражители и выражается в принюхивании, настораживании, прислушивании, ориентации тела, головы, глаз на появившийся объект. Ориентировочный рефлекс улучшает восприятие незнакомого раздражителя.

Дуги безусловных рефлексов неизменны, замыкаются в ядрах ствола головного мозга и в сегментах спинного мозга. Благодаря безусловным рефлексам сохраняется целостность организма, поддерживается гомеостаз.

Инстинкт (от лат. *инстинктус* — побуждение) — система сложных безусловных рефлексов, форма врожденного поведения. Инстинкт включает цепочку последовательных поведенческих актов. Инстинкты сложились как приспособления к стабильным или периодически изменяющимся условиям. Инстинкты строятся на основе жестких наследственных программ, но у человека в значительной степени они подчинены сознанию.

➤ Ярким примером инстинктивной деятельности является поведение желтокрылой осы (сфекса), которую очень подробно изучал французский энтомолог Ж. Фабр. На определенном этапе развития ос под влиянием внутренних гормональных изменений и факторов внешней среды (например, продолжительности дня и температуры воздуха) начинается созревание яиц и возникает потребность в их откладке.

Деятельность осы развертывается по определенной жесткой программе (рис. 40), подчиненной конечному жизненно важному результату — откладке яиц и выведению потомства.

Итак, в поведении осы каждый достигнутый (этапный) результат определяет последующее действие. Если она не получает сигнал об успешном завершении предыдущего этапа, она ни за что не перейдет к следующему. Ж. Фабр, экспериментируя со сфексом, засыпал вырытую норку или подкладывал в нее сверчка. И во всех случаях вернувшаяся оса бросала добычу и повторяла все действия с самого начала. Все это говорит о том, что поведение осы строится по неизменной программе, получившей название врожденный пусковой механизм. Инстинкты наследуются и поэтому являются видовым признаком. ◄

Инстинктивная форма поведения возникает на ограниченный набор внешних ключевых стимулов — зрительных, слуховых, тактильных, обонятельных. Так, вид пищи или полового партнера, запахи, звуковые и тактильные сигналы при наличии внутренних потребностей и мотивации вызывают определенное инстинктивное действие.

У человека и животных различают побудительные и тормозные безусловные рефлексы и инстинкты. Первые еще называют положительными, вторые — отрицательными.

Запечатление, или импринтинг. Это относительно простая специализированная форма научения. Запечатление возникает только во время коротких чувствительных периодов развития организма и служит своего рода связующим звеном между врожденными и приобретенными формами поведения.

Запечатление было изучено австрийским этологом К. Лоренцем. Ученый наблюдал за гусятами в инкубаторе. Первым движущимся объектом, с которым они встречались в момент вылупления из яйца, была не их биологическая мать, а сам ученый. Впоследствии произошло удивительное: вместо того чтобы присоединиться к стаду гусей, эти гусята повсюду следовали за Лоренцем и вели себя с ним, как с матерью. Возможно, в мозге птенцов запечатлелся образ объекта, который первым попал в их поле зрения. Проявления привязанности к человеку стали особенно необычными, когда, достигнув половой зрелости, эти гуси принялись искать брачных партнеров, похожих на человека, не проявляя ни малейшего интереса к особям собственного вида. Приобретенное таким образом поведение отличается стойкостью и с трудом поддается изменению.

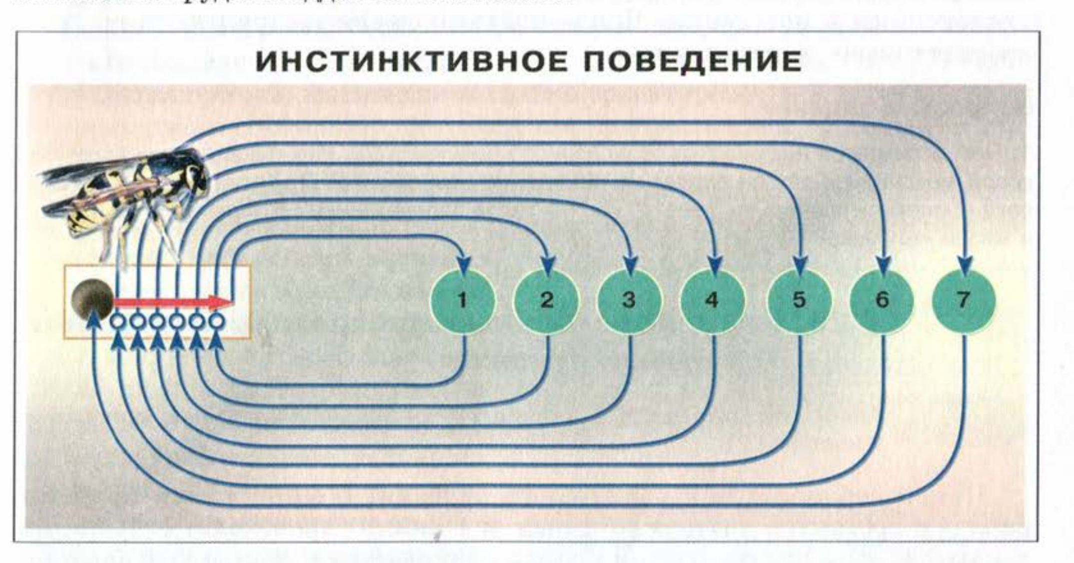


Рис. 40. Инстинктивное поведение осы сфекса:
1 — роет норку; 2 — улетает на охоту за жертвой; 3 — парализует жертву — пищу личинок; 4 — подтаскивает пищу к норке; 5 — проверяет норку и втаскивает в неё сверчка; 6 — откладывает яйца на тело насекомого; 7 — замуровывает норку

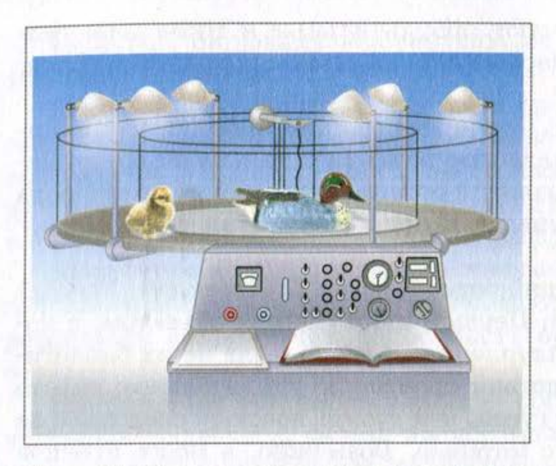


Рис. 41. Изучение импринтинга у птиц

Несомненно, в естественных условиях запечатление имеет большое приспособительное значение, помогая детенышам быстро перенимать необходимые навыки от родителей, запоминать характерные приметы территории обитания и пищи (рис. 41).

Импринтинг у человека выражен значительно сильнее, чем у животных. У ребенка социальные связи начинают устанавливаться очень рано и носят глубокий характер. Врачи-педиатры считают, что первые минуты, часы и дни жизни являются наиболее чувствительными. В это время для новорожденного чрезвычайно важен контакт с родителями, через осязание, зрение и слух. Этот контакт имеет ключевое значение для формирования взаимной привязанности и гармоничного развития личности. Изоляция в первые годы жизни приводит к отклонениям в поведении. Яркое подтверждение импринтинга — дети, «воспитанные» животными.

Вопросы и задания

1. Чем отличается инстинкт от безусловного рефлекса? **2.** Что такое врожденный пусковой механизм и как он влияет на поведение осы сфекса? **3.** Какие инстинкты человека и млекопитающих вы знаете? **4.** Что такое запечатление? **5.** Каково его значение в жизни человека?

§ 25. Ненаследственные программы поведения. Условные рефлексы



Какое биологическое значение имеют ненаследственные программы поведения?

Приспособляемость к изменениям условий. В мире живой природы, наряду с постоянно повторяющимися явлениями, происходят и непредвиденные. В этом случае успешно приспосабливаться к новым условиям могут лишь те животные, которые быстро и адекватно реагируют на возникшие изменения. Отличительными особенностями поведения в таких условиях становятся маневренность и гибкость, пластичность. Иначе говоря,

выходя из-под власти инстинкта, животные вынуждены приспосабливаться к новым условиям, обращаясь к собственному опыту, запечатленному в памяти.

Это психологическое явление называют научением. Известно много форм научения, но все они опираются на инстинкты и выражаются в накоплении индивидуального опыта. Исследованием такого поведения впервые в 1902 г. занялся И. П. Павлов.

Классические условные рефлексы. Выработку условных рефлексов И. П. Павлов проводил на собаках с фистулой слюнной железы — ее проток выводили наружу. Подопытную собаку закрепляли в станке (рис. 42), чтобы ее движения не мешали эксперименту. При подаче животному пищи у него через фистулу выделялась слюна. Пища, раздражавшая рецепторы полости рта, была *безусловным раздражителем*.

Этот опыт по изучению деятельности пищеварительных желез был видоизменен и усложнен: за полминуты до кормления включали электрическую лампочку. Вначале животное реагировало на внезапно вспыхивающий свет поворотом головы, но до подачи пищи слюна из фистулы не выделялась. Для слюноотделительного рефлекса на этом этапе опыта свет лампочки был *безразличным раздражителем*.

Включение лампочки неоднократно сочеталось с кормлением. После нескольких повторений стоило лишь зажечь свет, как начиналось обильное слюновыделение, хотя пищи в кормушке еще не было. Свет, бывший ранее безразличным, вызывавшим только ориентировочный рефлекс, после неоднократного сочетания с безусловным подкреплением — пищей — становился *условным раздражителем*, значимым сигналом.

В других опытах И. П. Павлов сочетал кормление со звуками метронома, трубы, почесыванием. Все эти раздражители с течением времени тоже становились условными сигналами: вызывали слюновыделение до начала кормления. Для закрепления приобретенного рефлекса условные раздражители постоянно подкреплялись безусловными.

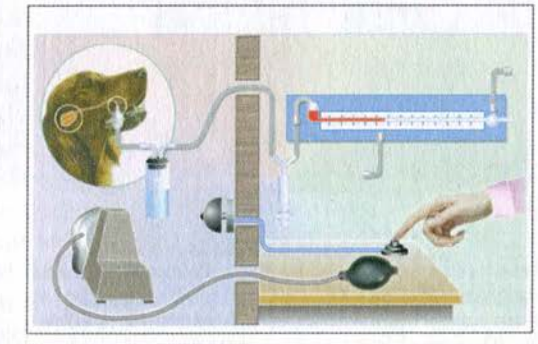


Рис. 42. Выработка условного слюноотделительного рефлекса

➤ **Инструментальные условные рефлексы.** Другим типом условных рефлексов, отличных от павловских классических, являются инструментальные. Впервые они были исследованы американским физиологом Б. Ф. Скиннером.

Животное, помещенное в камеру (рис. 43), должно было совершить некоторые действия или манипуляции с объектами: на что-то нажать, что-то передвинуть. После этого животное получало подкрепление (поощрение) в виде пищи или лакомства. Условием получения подкрепления являлся результат. Постепенно в мозгу животного образовывалась связь между действием и результатом. В этом заключается основное различие между инструментальными и классическими павловскими рефлексами.

Механизм образования условного рефлекса. У млекопитающих (и зверей, и человека) дуги условных рефлексов замыкаются в коре больших полушарий. Там, по представлениям И. П. Павлова, устанавливаются *временные связи* между центрами, воспринимающими условное и безусловное раздражения. Эта связь становится тем прочнее, чем чаще одновременно возбуждаются обе зоны коры. После нескольких повторений связь оказывалась настолько прочной, что при действии одного лишь условного раздражителя возбуждение возникало и в центре условного раздражителя, и в ассоциированном (связанном) с ним центре безусловного раздражителя (рис. 44).

Торможение условных рефлексов. В нервной системе всегда взаимодействуют два процесса — возбуждение и торможение. Эти непримиримые, но неразрывно связанные явления, И. П. Павлов назвал «подлинными творцами нервной деятельности». Он показал, что условные рефлексы, в отличие от безусловных, могут быть заторможены. Торможение реакций при действии условного стимула рассматривается, как отрицательный условный рефлекс.

Роль торможения сложна и многообразна. Павлов различал два вида торможения — внешнее (безусловное) и внутреннее (условное).

Внешнее торможение не требует выработки, возникает сразу. Условный рефлекс сильно ослабевает или исчезает под влиянием новых раздражителей, которые вызывают безусловно-рефлекторные ориентировочные реакции. Выработанный слюноотделительный рефлекс собаки на свет электрической лампочки прекратится при включении яркого, слепящего света, причинении боли, воздействии звука. Сильные и посторонние раздражители по закону доминанты приводят к торможению в центрах условного рефлекса.



Рис. 43. Камера для изучения инструментальных условных рефлексов

Внутреннее торможение вырабатывается не сразу. Без подкрепления пищей или другим безусловным стимулом условный рефлекс угасает, тормозится и исчезает. Угасательное торможение имеет определенное биологическое значение: животные перестают реагировать на сигналы, потерявшие свое значение. Однако при возобновлении подкрепления угасший рефлекс восстанавливается. Такое явление называют растормаживанием.

Но если рефлекс не подкреплять и в дальнейшем, то образуется тормозная временная связь, а свет лампочки станет сигналом отсутствия пищи. Это пример отрицательного (тормозного) условного рефлекса.

Посредством внутреннего торможения осуществляется весьма тонкое различение действующих на организм раздражителей. По мере того как один раздражитель подкрепляется, а сходные с ним — нет, постепенно вырабатывается условный рефлекс только на подкрепляемый сигнал. На остальные, неподкрепляемые раздражители вырабатывается торможение.



Рис. 44. Стадии образования условно-рефлекторной связи:
А — безусловный слюноотделительный рефлекс, Б — ориентировочный рефлекс на свет, В — выработка условного слюноотделительного рефлекса на свет, Г — условно-рефлекторное отделение слюны на свет: 1 — рецепторы языка; 2 — слюноотделительный центр продолговатого мозга; 3 — слюнная железа; 4 — глаз; 5 — зрительные пути; П — пища, $П_1$ — пищевой центр в коре больших полушарий; Л — лампочка, $Л_1$ — зрительная зона в коре больших полушарий

Динамический стереотип — комплекс условных рефлексов, вырабатывающийся на условные раздражители, следующие в одном и том же порядке, т. е. стереотипно. Такое поведение характерно для высокоорганизованных животных — птиц, млекопитающих и человека.

Животные, жизнедеятельность которых строится по динамическим программам, сначала по «подсказкам» родителей, а затем и сами определяют наиболее важные сигналы, быстрее и проще ведущие к достижению результата и удовлетворению потребностей.

Примером такой динамической программы служит поведение голодного щенка, впервые попавшего в незнакомое помещение, где под плитой находится пища (рис. 45). При первом посещении щенок исследует в комнате все предметы (пунктирная стрелка и верхняя схема справа). При повторном визите он сразу же устремляется к миске (сплошная стрелка и нижняя схема справа). Этот путь собака проделывает машинально. Вся работа, которую осуществляет мозг щенка, состоит в определении уже знакомого направления в соответствии с главными ориентирами. Быстрота и точность, высокая экономичность такой системы поразительна.



Рис. 45. Стереотипное поведение (цифрами обозначены предметы обстановки)

Динамические программы занимают значительное место и в нашей жизни. С их помощью люди пишут, читают, соблюдают привычный режим дня, водят автомашины. Динамические стереотипы являются основой привычек, формирования определенной последовательности в трудовых операциях, приобретения умений и навыков. Стереотипы сохраняются долгие годы и во многом определяют поведение человека.

Приобретенное поведение представляет собой два взаимосвязанных процесса: во-первых, обучение, а во-вторых, — воспроизведение знаний в поведении. В молодости большее значение имеет обучение, ближе к старости чаще извлекается прошлый опыт — уже готовые программы.

Вопросы и задания

1. Объясните методику выработки условных рефлексов у животных. Какое главное условие их образования? **2.** Чем отличаются классические павловские условные рефлексы от инструментальных? **3.** Есть ли связь между безусловными и условными рефлексами? **4.** Расскажите о причинах угасания условного рефлекса. **5.** Что такое динамический стереотип и какова его биологическая роль?



В эксперименте с собакой ее лапу после кратковременного зажигания лампочки раздражали электрическим током. Чем в данном случае являются для животного свет лампочки и электроток?

§ 26. Интеллектуальное поведение животных



Обладают ли животные интеллектом?

Все сложное и многообразное поведение животных нельзя рассматривать только как комбинации условных и безусловных рефлексов. У высокоорганизованных животных можно встретить зачатки мышления, орудийную деятельность, озарение (инсайт) и другие сложные формы интеллектуального поведения.

Исследование этого компонента ВНД начато в 20-е г. XX в. немецким психологом В. Кёлером и одним из первых этологов Н. Н. Ладыгиной-Котс (вместе с мужем она основала Дарвиновский музей в Москве).

Интеллектуальная деятельность возникает при необходимости решения задачи, для которой нет врожденного или ранее усвоенного привычного способа. Эта деятельность проявляется в целесообразном поведении.

Сложную форму поведения, при которой на основе прошлого опыта образуются совершенно новые связи, российский биолог Л. В. Крушинский назвал *рассудочной деятельностью* или конкретным, предметным мышлением.

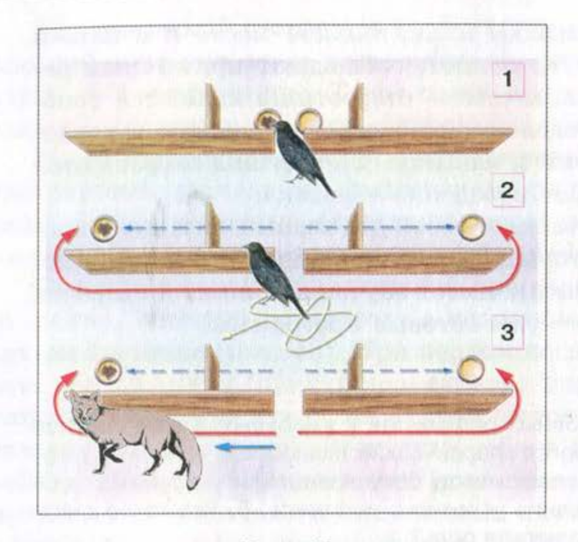


Рис. 46.
Изучение рассудочной деятельности животных:
1 — приманка за ширмой; 2 — птица не способна предугадать движение корма; 3 — лиса предугадывает его перемещение



Рис. 47.
Орудийная деятельность обезьяны

Он доказал, что животные способны усваивать простейшие законы связей между предметами и явлениями окружающей среды и используют их для построения программы поведения в новых ситуациях с учетом изменяющейся обстановки. Данное утверждение иллюстрирует следующий эксперимент (рис. 46). Перед животным ставили экран с небольшим отверстием, за которым перемещали пищу. Сообразить, как достать ее, сможет только животное с хорошо развитым интеллектом. Оно определит направление движения приманки, а затем переместится к краю экрана и там будет поджидать появление еды. Животное, не обладающее такими качествами, будет пытаться протиснуться в узкое отверстие экрана или совершать беспорядочные движения.

Рассудочная деятельность — одна из высших форм приспособления к постоянно изменяющимся условиям. Благодаря ей особь или индивидуум может предвидеть эти изменения и учитывать их в своем поведении.

Орудийная деятельность. Человекообразные обезьяны часто применяют различные предметы, а некоторые способны в определенной степени учитывать свойства этих предметов и предвидеть результаты действий. Например, в опытах с огнем (рис. 47) одна обезьяна довольно быстро стала



Рис. 48. Эксперимент, демонстрирующий озарение у обезьян

использовать сосуд с водой для тушения пламени, а другая пользовалась половой тряпкой.

Особенностью поведения высших обезьян является подражательность (например, животное может «подметать» пол, «рисовать» с помощью красок и т. д.). Однако подражают они только действию, а не результату.

Озарение (инсайт) — этим термином именуется способность внезапно правильно и разумно решить относительно сложную задачу после немногочисленных неудачных попыток. Инсайт не является результатом научения методом проб и ошибок, а основан на информации, полученной ранее в других, чем-то похожих ситуациях.

В одном эксперименте обезьяна, увидев через окно недосягаемый для нее плод, быстро открыла находящуюся на противоположной стороне помещения дверь, обежала вокруг и достала приманку.

Другая обезьяна (рис. 48) пыталась достать высоко подвешенную приманку одной палкой, потом другой, более длинной, но обе они оказались коротки. Тогда она стала рассматривать находившиеся вокруг предметы и, обнаружив ящики разной величины, поставила их друг на друга в виде пирамиды, состыковала концы палок и, взобравшись на сооруженный подмосток, достала приманку. Эта задача была решена не в результате научения, а вследствие последовательных логических размышлений (можно сказать — в результате озарения).

Обезьяны «изобретают» новые способы решения поставленных перед ними задач, используют предметы как орудия для преодоления препятствий на пути к цели, легко обучаются.

Интеллект обезьян при всей кажущейся сложности ограничен и качественно отличается от мышления человека. Обезьяна способна решать лишь конкретные задачи, которые встречаются в естественных условиях ее жизни и связаны с непосредственно действующими на нее раздражителями. Успешно применив однажды лестницу, чтобы достать приманку, подвешенную к потолку у стенки, она затем пытается использовать ту же лестницу и для того, чтобы достать корм, подвешенный к потолку в центре помещения.

Интеллектуальное поведение — вершина психического развития животных. Они способны переносить усвоенные знания в новые ситуации, но не способны к обобщению, так как все развитие психики животных подчинено биологическим законам.

Вопросы и задания

1. Какие формы интеллектуального поведения вам известны? **2.** Что представляет собой рассудочная деятельность? **3.** Чем отличается орудийная деятельность от инсайта? Приведите примеры. **4.** Что вы думаете о возможностях интеллектуальной деятельности животных? **5.** Объясните, чем интеллектуальная деятельность животных отличается от мышления человека.

§ 27. Качественные особенности поведения человека

? В чем различия интеллекта высокоорганизованных животных и человека?

Учение И. П. Павлова о двух сигнальных системах. Высшая нервная деятельность человека и животных построена на реакциях нервной системы в ответ на непосредственные чувственные сигналы внешнего мира.

В ее основе лежит взаимодействие врожденных безусловных и приобретаемых условных рефлексов. Совокупность процессов в нервной системе, обеспечивающих восприятие и анализ информации и поведение, называют *сигнальной системой*. Это система условных рефлексов. Благодаря ей происходит связь организма с окружающей средой и тонкое приспособление к условиям. И. П. Павлов выделил две сигнальные системы отражения действительности.

Первая сигнальная система формируется в результате деятельности анализаторов и представляет совокупность имеющихся условных рефлексов, накопленный опыт. Это система конкретных, чувственно воспринимаемых образов действительности. Она присуща и животным, и человеку. У человека она характеризуется рядом особенностей. Например, животные лучше различают отдельные раздражители, а человек — их всевозможные комбинации.

У человека в процессе трудовой и общественной деятельности как средство передачи знаний возникла *вторая сигнальная*, или *знаковая система*, — система речевых сигналов и отвлеченного отражения действительности в виде слова, знака. И. П. Павлов писал, что именно «слово сделало нас людьми». Слова произносимые, слышимые и видимые — это знаки, символы конкретных предметов и явлений. Слово обобщает бесчисленные сигналы первой сигнальной системы и становится «сигналом сигналов». Обобщение происходит в результате выработки условных рефлексов. В индивидуальном развитии вторая сигнальная система формируется только при общении с другими людьми, т. е. под влиянием и биологических, и социальных факторов.

На основе второй сигнальной системы возникло человеческое сознание.

Специально-человеческой формой психической деятельности является абстрактное, отвлеченное мышление. Оно характеризуется употреблением знака-символа для обозначения объекта и выделения его признаков, т. е. анализа. Абстрактное мышление основывается на второй сигнальной, или знаковой, системе. Центральное место в ней занимает слово, речь, однако она охватывает и другие виды символизации: звуки, рисунки, математические знаки, художественные образы, мимику, жестикуляцию и т. п.

Речь — высшая функция центральной нервной системы, главный механизм интеллектуальной деятельности, форма общения людей одного языкового коллектива.

Язык — любая знаковая система, используемая как средство передачи информации и общения людей, например язык математики, жестов, цветов и т. д. Известно 2,5 тыс. живых разговорных языков. В мире наиболее распространены английский, китайский, французский, испанский, русский языки.

Исследованиями установлено, что способностью к обучению речи человек наделен от рождения. Но, если ребенок изолирован от человеческого общества, эта способность не реализуется. Дети не изобретают язык и не выбирают его. Какой язык они усвоят как родной, зависит от окружения. Существует критический период для овладения речью: после 10 лет способность к развитию речи утрачивается. Мальчик из джунглей Маугли, рожденный фантазией Киплинга, никогда не мог бы существовать в реальности, поскольку у Киплинга он, впервые столкнувшись с человеческой средой, умел говорить с людьми и знал, как вести себя «по-человечески».

Речевая деятельность в основном связана с левым полушарием головного мозга. В нем выделяют ряд центров, обеспечивающих восприятие речи, ее анализ и произнесение (рис. 49).

Функции речи. Выделяют три основные функции речи: коммуникативную, регулирующую и программирующую.

Коммуникативная функция — общение людей посредством языка. Благодаря ей человек получает знания о предметах и явлениях без непосредственного контакта с ними. Слова расширяют возможности людей ориентироваться в окружающем мире.

Все, что человек воспринимает с помощью органов чувств, он обозначает словами. Вместе с тем слово обобщает. Так, для маленького ребенка слово «стол» обозначает конкретный предмет — стол, за которым он сидит. Взрослея, он узнает и другие предметы, имеющие признаки стола, и слово «стол» становится обобщающим понятием.

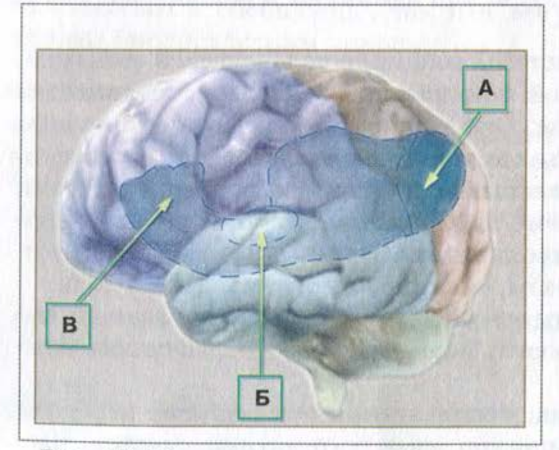


Рис. 49. Центры речи в коре больших полушарий:
А — зрительный; Б — слуховой;
В — моторный

У животных можно выработать реакции на слова, заставить их выполнять команды. Однако для них слова — это лишь очередные звуковые условные раздражители. Человек же, используя речь, не только обобщает понятия о предметах, их свойствах и признаках, но и выражает свои ощущения, чувства и мысли. Человек думает словами.

Регулирующая функция речи — словесное регулирование одним человеком действий другого, а также регулирование собственного поведения посредством внутренней речи (речи «про себя», без ее озвучивания).

Программирующая функция речи — построение смысловых схем, грамматики предложений при переходе от замысла к внешнему развернутому высказыванию, понятному окружающим.

Виды речи. Различают речь внешнюю (устную и письменную) и внутреннюю.

Внешняя речь служит главным средством общения — речь для других. Устная речь осуществляется в форме диалога — разговора между двумя или несколькими людьми, либо в виде монолога — речи одного человека. Устная речь передает определенное содержание, мысль, чувства человека, его отношение к высказываемому. Интонация, мимика, жесты подчеркивают эмоциональный настрой и придают речи выразительность. Письменная речь (письмо и чтение) связана с использованием графических знаков.

Внутренняя речь — это внутренний беззвучный речевой процесс, с помощью которого мы мыслим. Такая речь подобна телеграмме — она может быть крайне сокращенной, отрывочной. Это речь для себя.

Слова — лишь символы, а суждения, высказывания могут быть и верными, и ошибочными. Речь может содержать как информацию, так и дезинформацию. Проверить правильность утверждения можно знаниями, личным и общественным опытом.

Мышление. Речь и мышление тесно связаны. *Мышление* — это способность при помощи слов и образов представлять и выражать свое отношение к предметам и явлениям, а также к своим состояниям. Оно отражает предметы и явления в их основных, существенных свойствах, проникает в глубь вещей.

Мышление включает: анализ, отвлечение (абстрагирование), синтез, обобщение, сравнение с имеющимся в памяти эталоном (рис. 50). Результатом мышления является мысль. Формами мышления выступают понятия, суждения и умозаключения. Различают следующие виды мышления: наглядно-действенное — в форме конкретных действий; наглядно-образное — в форме образов; словесно-логическое, или абстрактное, — в форме отвлеченных понятий. Эти виды мышления связаны между собой и формируются последовательно, по мере развития человека.

Сознательное и бессознательное. Когда человек ставит перед собой какую-либо цель, он продумывает программу действий и выбирает необходимые средства. Такие действия называют осознанными, контролируемыми сознанием.

Сознание — высшая, свойственная человеку форма психического отражения действительности, представленная в виде знаний, которые могут быть сообщены, переданы другим людям. Сознание связано с уровнем развития и культурой. Чем сложнее структура общества, тем более высокий уровень сознания необходим. Человек одновременно может быть сыном,

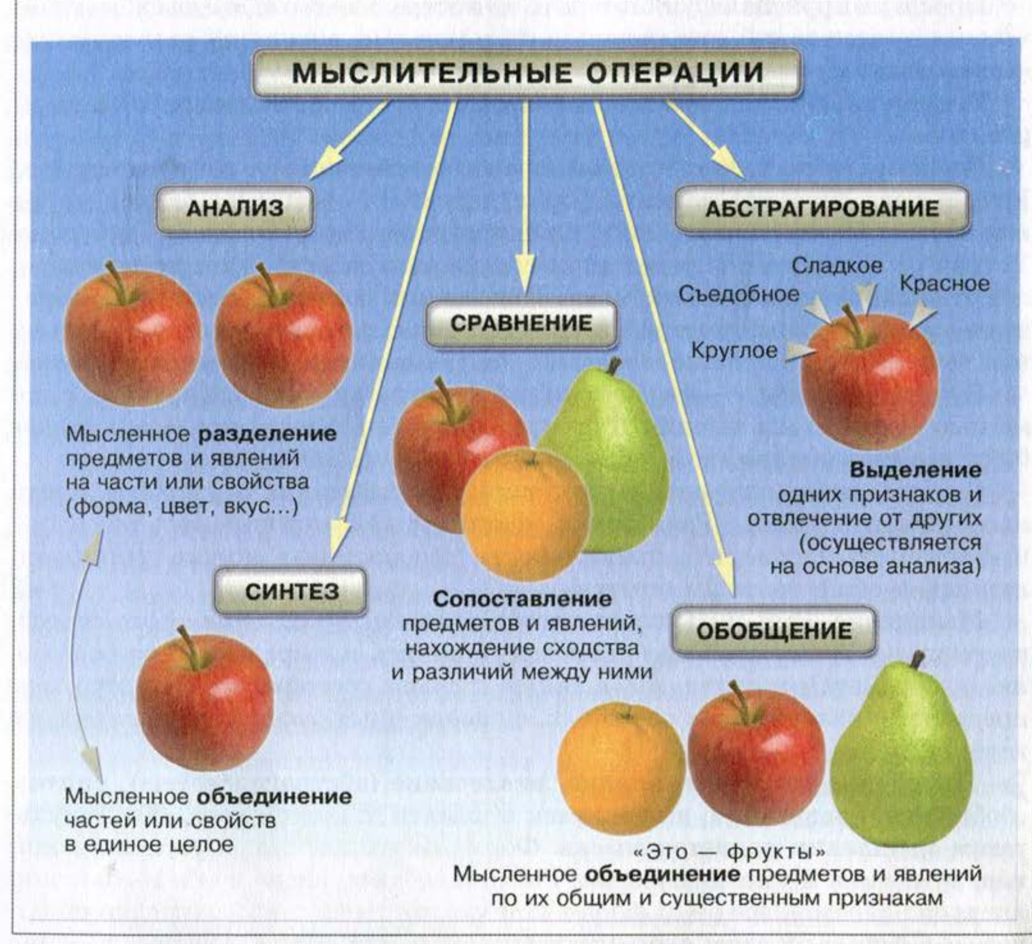


Рис. 50. Отражение свойств объектов посредством мышления

отцом, членом трудового коллектива, какой-либо партии, гражданином государства и т. д. Находясь в такой сложной социальной среде, он должен отделять себя — «свое Я» — от других людей и окружения — «не Я». Однако при этом человек должен учитывать сложные и многообразные интересы остальных.

Вместе с тем отдельные действия могут выполняться автоматически на бессознательном уровне — подсознательно. Нередко люди подсознательно поступают правильно, но объяснить, почему они поступили так, а не иначе, не могут. Способность решать жизненные задачи подсознательно называют *интуицией*.

Бессознательное наряду с сознанием составляет неотъемлемую часть психики человека: бо́льшая часть информации воспринимается им бессознательно.

Вопросы и задания

1. Какие сигнальные системы вы знаете? **2.** Объясните выражение «Слово — сигнал сигналов». **3.** Что называют мышлением и какие его виды вам известны? **4.** Перечислите известные вам виды речи. **5.** Как связаны мышление и речь? **6.** Расскажите о роли бессознательного в жизни человека. Приведите примеры. **7.** Что помогает человеку усваивать опыт предшествующих поколений?



Как вы понимаете высказывание: «Мы не только верим тому, что видим, но до некоторой степени и видим то, во что верим»?

Для любознательных

Темперамент представителей разных народов ярко проявляется в жестикуляции. Так, мексиканцы делают 170 жестов в минуту, французы — 120, итальянцы — 80. Финны жестикулируют 1 раз в минуту.

§ 28. Потребности и мотивы поведения



Почему потребности определяют поведение человека?

Живой организм нуждается в определенных условиях и средствах: пище, воде, жилище, развлечениях и многом другом. Нужду в чем-либо для поддержания жизни и развития организма называют *потребностью*. В отличие от потребностей животных, носящих более или менее постоянный характер и ограниченных в основном биологическими нуждами, потребности человека множатся и изменяются в течение всей жизни. Потребности удовлетворяются изменением функций, включением нейроэндокринных механизмов и соответствующим поведением.

Поведение — форма жизнедеятельности человека и животных, направленная на удовлетворение возникающих потребностей и проявляющаяся в целесообразной деятельности. Поведение всегда ориентировано на удовлетворение ведущей, доминирующей в данный момент потребности. Эта доминанта придает поведению активный характер.

Желания, которые побуждают человека к определенной деятельности с целью удовлетворения потребностей, называют *мотивациями*. Они многообразны и вытекают не только из потребностей в пище, защите,

жилье, но и обусловлены мировоззрением человека, его убеждениями и идеалами.

Виды потребностей. Американский психолог А. Маслоу в работе «Мотивация и личность» представил развитие человека, как процесс постоянного удовлетворения потребностей. Способность к их удовлетворению он рассматривал как приобретенное, а не врожденное свойство.

Ученый считал, что человеческие потребности высокого уровня появляются лишь после удовлетворения более низких, но не ранее.

Все потребности А. Маслоу разделил на группы (рис. 51).

К первой группе он отнес физиологические потребности: в еде, воде, воздухе, сне, регулярном движении, сохранении тепла. Они вызывают чувства голода, жажды, озноба, учащенность дыхания. При невозможности их удовлетворения все другие становятся несущественными.

Ко второй группе отнесены потребности в безопасности, самосохранении, защите, порядке и стабильности. Они присущи людям любого возраста, но ярче проявляются у детей. Взрослые, ощущая угрозу, часто пытаются скрыть или подавить страх, реагируя неявным образом, а замаскированной тревогой и внешне незаметными физическими изменениями — учащением пульса и дыхания, усилением потоотделения.



Рис. 51. Иерархия потребностей:
1 — физиологические; 2 — безопасности;
3 — родительские; 4 — самоуважения;
5 — самореализации

В третью группу включены социальные и семейные потребности. Как только физиологические потребности и потребности в безопасности удовлетворены, человек испытывает желания любить, иметь друзей и семью, быть нужным.

Поведение человека направляет еще одна социальная потребность — играть в обществе некую роль, быть лидером или исполнителем чьей-то воли, отличаться от других индивидуумов. Занимая определенное место, он испытывает потребность в самоуважении, жаждет признания своих достижений и успехов.

Четвертую группу составляют потребности «для себя» и «для других». Социальные потребности «для себя» (правá) формируют чувство собственного достоинства, самостоятельное мышление, независимость суждений.

Находясь большую часть времени среди людей, человек испытывает потребности «для других» (обязанности), воспитывающие такие личностные качества, как доброжелательность, способность к сотрудничеству, сопереживанию и сочувствию.

Потребности «для себя» и «для других» связаны между собой: человек осознает смысл и цель собственной жизни, лишь понимая, что он нужен другим. Часто эти потребности остаются неудовлетворенными. Тогда люди проживают жизнь, так и не добившись оценки окружающих.

Важной человеческой потребностью является потребность в самореализации, которая осуществляется благодаря стремлению к приобретению знаний как о себе, так и об окружающем мире, к занятиям трудом и творчеством, т. е. в проявлении своих способностей.

У каждого человека уникально сочетаются биологические, социальные и духовные потребности. Социальные и духовные потребности не проявятся сами собой: их нужно настойчиво воспитывать и упорно формировать.

Поведение человека — это сплав физиологических и психических процессов. Если основные законы работы органов и систем организма практически одинаковы у всех, то психическая деятельность индивидуальна и отличает одного человека от другого.

Психика — внутренний мир конкретного человека, включающий ощущения и восприятия, эмоции, память и представления, мышление и фантазии, чувства и волю. Психика человека обусловлена не только индивидуальными наследственными задатками, но и его жизненным опытом. Сложная психика делает поведение людей разнообразным и неповторимым.

Вопросы и задания

1. Дайте определение потребности. **2.** Перечислите виды потребностей, о которых говорил А. Маслоу. **3.** Что называют мотивацией? **4.** Как связаны потребности и поведение человека? **5.** Охарактеризуйте психику человека.

Для любознательных

Гениальный физик и математик Л. Эйлер обладал необыкновенной памятью на числа. Он помнил, например, шесть первых степеней всех чисел до ста.

Максимальная продолжительность гипнотического сна была зарегистрирована в 1976 г. в Ницце. По воле известного психиатра Ж. Нуге три женщины и один мужчина провели 200 часов в гипнотическом сне.

§ 29. Сон как форма приобретенного поведения



Почему сон представляет собой активный физиологический процесс?

Сон и его значение. Чередование сна и бодрствования — непременное условие жизни человека. Сон — такое же естественное состояние, как голод, жажда. За сотни тысяч лет существования люди свыклись с ритмом дневной активности и ночного отдыха. Этот ритм соответствует 24-часовому (суточному) циклу. Решающая роль в контроле ритма «сон — бодрствование» принадлежит структурам промежуточного мозга и другим отделам ствола.

Человек проводит во сне примерно треть жизни. *Сон* — глубокое охранительное торможение, предотвращающее переутомление и истощение нервных клеток. Это разрыв связей с внешним миром. Во время бодрствования мозг накапливает огромную информацию, которую предстоит усвоить, переработать и оценить. Сон — это и активный психофизиологический процесс. Во сне мозг восстанавливает свою работоспособность, его клетки усваивают питательные вещества и накапливают энергию. Человек после спокойного и полноценного сна ощущает свежесть, бодрость, прилив энергии.

Физиологическая природа сна. Постоянным и существенным признаком сна служат уменьшение активности нервной системы и мышечного тонуса, выключение всех видов чувствительности, сознания, снижение обмена веществ, давления крови и температуры тела, частоты сердцебиения и дыхания.

Ночной сон складывается из циклов, а каждый цикл — из пяти фаз: четырех фаз медленного сна и одной — быстрого. В течение ночи человек реализует 4—6 полных циклов сна, со средней продолжительностью каждого 70—90 мин (рис. 52).

Медленный сон наступает сразу после засыпания и длится 60—80 мин. Он сопровождается снижением частоты дыхания и пульса, расслаблением мышц, замедлением обмена веществ и понижением температуры. Во время медленного сна внешние воздействия не воспринимаются.

Быстрый сон следует за медленным и длится 10—15 мин. В этот период электрическая активность мозга сходна с состоянием бодрствования. На фоне сниженного мышечного тонуса отмечаются движения конечностей и лицевой мускулатуры, быстрые движения глаз под закрытыми веками, сужение зрачков. Наблюдается учащение сердечного ритма и дыхания, повышение давления крови и температуры тела; возникают сновидения.

Быстрый сон очень важен для состояния психики: если человека постоянно будить в это время, то днем он будет крайне раздражителен, легко утомляем, у него ухудшится память.

Сновидения. Сновидения — нормальная психическая деятельность мозга, протекающая во сне и связанная с комбинацией осознанных и неосознанных явлений, а также с физиологическими процессами в организме.

Во сне человек видит различные, часто невероятные, комбинации пережитых впечатлений. У слепых от рождения не возникают зрительные образы и обычные сновидения отсутствуют.

Ученые утверждают, что все люди видят сны, даже те, кто после пробуждения не может вспомнить их. Периоды наивысшей активности мозга во время быстрого сна связаны со сновидениями, в которых присутствуют элементы опасности.

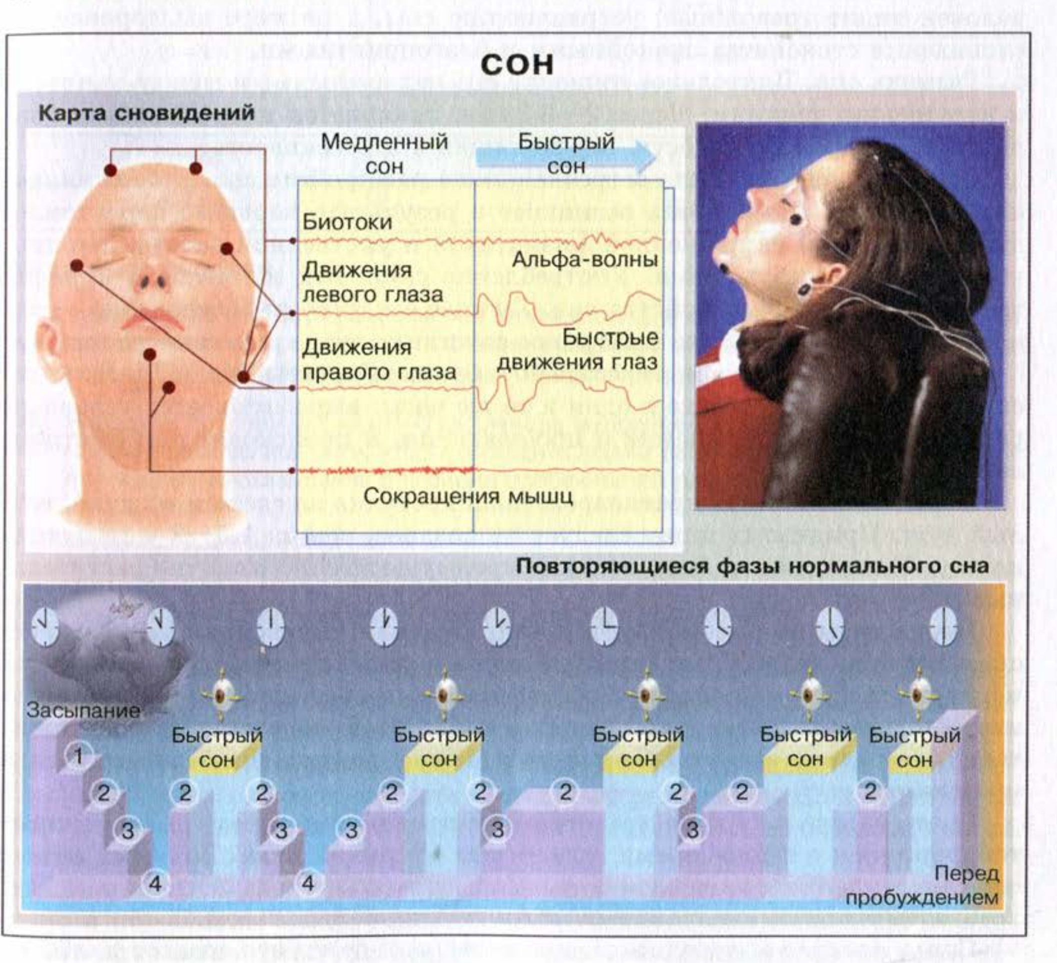


Рис. 52. Физиология сна. Цифрами обозначены фазы медленного сна

Некоторые исследователи считают сновидения показателем психического здоровья. Так, здоровому человеку снятся сны, в которых он с успехом выходит из всевозможных сложных ситуаций.

Известно немало примеров, когда решение житейской или научной проблемы приходило ночью. Д. И. Менделеев утверждал, что окончательно периодическая система химических элементов сложилась у него во сне. В науке это не единственный случай подобных открытий. Народная мудрость «утро вечера мудренее» в этом случае обретает еще и глубокий физиологический смысл.

При переутомлении, нервных расстройствах, в болезненном состоянии человек видит тревожные, устрашающие сны, а по мере выздоровления сновидения становятся спокойными и благоприятными.

Гигиена сна. Длительное лишение сна непереносимо и может привести к нарушению психики. Через 2—3 суток появляется непреодолимая сонливость, раздражительность, переходящая в агрессивность.

Одно из наиболее часто встречающихся расстройств сна — *бессонница, или инсомния.* Обычно она возникает в результате нервного переутомления, длительной напряженной физической и умственной работы, эмоционального перевозбуждения. Употребление спиртных напитков и курение также вызывают расстройства сна. Лучшее средство от бессонницы — отказ от вредных привычек и разумное сочетание труда и активного отдыха.

Для полноценного сна необходимо соблюдать простые условия. Ложиться спать и вставать всегда в одни и те же часы: вырабатывается условный рефлекс на время засыпания и пробуждения, и происходят они быстро и легко.

Перед сном полезна кратковременная прогулка на свежем воздухе, теплый душ. Принимать пищу следует не позднее, чем за 1,5—2 ч до отхода ко сну. Ужин должен быть легким, преимущественно молочно-растительным.

Перед сном не рекомендуется напряженная умственная или физическая работа, подвижные шумные игры и развлечения, возбуждающие нервную систему. Спокойная обстановка и привычный порядок хорошо настраивают мозг на ночной отдых. Чем меньше посторонних раздражителей, тем легче заснуть. Яркий свет и шум делают сон беспокойным и прерывистым.

Спать нужно в хорошо проветренном помещении, зимой — при открытой форточке, в теплое время года — при открытом окне. Во время сна не следует закрываться одеялом с головой, поскольку вредно дышать воздухом, насыщенным испарениями кожи и углекислым газом.

Спать следует преимущественно на правом боку: это создает наиболее благоприятные условия для работы сердца и органов пищеварения. Кро-

вать желательно иметь с ровным и жестким матрацем; постель не должна быть мягкой, а подушка — жесткой и высокой. Потребность человека во сне определяется возрастом (табл. 5).

Таблица 5

Нормальная продолжительность сна детей и подростков

Возраст (годы)	Продолжительность сна (в часах за сутки)
До года	20—22
1	16—17
2—3	14—15
4—5	13
6—12	10—12
13—18	8,5—9

Вопросы и задания

1. Из каких циклов состоит сон и чем они отличаются друг от друга? **2.** Как изменяются функции организма во время сна? **3.** Объясните значение сна для человека. **4.** Что такое сновидения? **5.** В чем причина бессонницы? **6.** Сформулируйте правила здорового сна.



Народная пословица гласит: «Утро вечера мудренее». А великий Гомер говорил: «Сном пользовались боги, чтобы сообщить людям свою волю». Как вы объясните эти мудрые высказывания с позиции особенностей работы головного мозга?

§ 30. Память



Почему при нарушении памяти страдает поведение?

Значение памяти. Нервная система способна воспринимать и длительно сохранять информацию о событиях, о реакциях организма и использовать ее для построения поведения в новых ситуациях. Эта способность — *нервная память*. Поведение в значительной мере определяется накопленным опытом, т. е. совокупностью условных рефлексов. Долговременная нервная связь, лежащая в основе условного рефлекса, и представляет собой память.

Как писал в XIX в. И. М. Сеченов, «человек без памяти оставался бы вечно в положении новорожденного». Без памяти люди были бы «существами мгновения», так как все ощущения, все образы внешнего мира исчезали бы бесследно по мере их возникновения.

Под *памятью* понимают комплекс процессов, протекающих в центральной нервной системе и обеспечивающих накопление, хранение и воспроизведение индивидуального опыта.

Виды памяти. Классификация видов памяти осуществляется по различным критериям: по продолжительности сохранения информации, способу запоминания, проявлению и характеру восприятия.

По продолжительности различают память мгновенную, кратковременную и долговременную.

Мгновенная память — удержание точной и полной картины, только что воспринятой органом чувств, без какой-либо переработки в течение 0,1—0,5 с. Это память-образ.

Кратковременная память удерживает информацию дольше, чем мгновенная, — до нескольких десятков минут. В кратковременной памяти хранится лишь обобщенный образ и его наиболее существенные черты.

Кратковременная память основывается на циркуляции возбуждений по замкнутым цепочкам нейронов. Поэтому она может быть выключена при нарушении целостности этих цепочек. Наркоз, травма, переохлаждение приводят к утрате памяти на недавние события.

Механизм кратковременной памяти позволяет перерабатывать большой объем информации, сразу отсеивать несущественную и отбирать необходимую для долговременного запоминания и мышления. Эта память служит промежуточным хранилищем для долговременного запоминания. Перевод информации из кратковременной памяти в долговременную облегчается при повторении материала.

Долговременная память сохраняет информацию неограниченное время. Информация, находящаяся в долговременной памяти, может воспроизводиться сколько угодно раз и без утраты через длительное время.

Долговременная память обусловлена образованием химического «следа» в центральных нейронах. Запоминание сопровождается ростом и ветвлением аксонов, синтезом РНК и специфических белков.

По способу запоминания различают непроизвольную и произвольную память.

Непроизвольная память заключается в запоминании и воспроизведении информации без специальной цели и контроля сознания. Благодаря ей складывается основная часть жизненного опыта человека.

Произвольная память требует волевых усилий и заключается в запоминании и воспроизведении информации со специальной целью. Непроизвольное запоминание вовсе не хуже произвольного. Однако лучше запоминается материал, который стал объектом внимания и осознания, связанный с интересной и сложной умственной работой по его осмыслению,



Рис. 53. Виды памяти

классификации и анализу. Благодаря произвольной памяти человек получает профессиональные и другие специальные знания.

По проявлению различают двигательную, эмоциональную, образную и словесно-логическую память (рис. 53).

Моторная, или *двигательная, память* — это запоминание и воспроизведение различных движений. Это основа выработки двигательных навыков. Овладение ходьбой, бегом, плаванием, ездой на велосипеде, игрой на музыкальных инструментах, навыками письма возможно только благодаря двигательной памяти, позволяющей автоматически (без контроля сознания) выполнять необходимый комплекс движений.

Эмоциональная память — это память чувств. Экспериментально установлено, что запоминанию способствуют биологически активные вещества, выделяющиеся при эмоциональном возбуждении. Об эмоциональной памяти режиссер К. С. Станиславский писал: «Раз вы способны бледнеть, краснеть при одном воспоминании об испытанном, раз вы боитесь думать о давно пережитом несчастье, у вас есть память на чувствования, или эмоциональная память». Благодаря именно этой памяти человек способен сочувствовать другому.

Образная память заключается в сохранении и воспроизведении образов — зрительных, слуховых, обонятельных. Образная память тесно связана с воображением: человек вспоминает знакомую улицу, музыкальный мотив, лицо человека и пр. Образная память имеет большое значение в самых разных областях человеческой деятельности. Так, для музыканта важна слуховая память, а для художника — зрительная.

Словесно-логическая память — это запоминание и воспроизведение мыслей, выраженных словами и другими знаками. При смысловом запоминании человек оперирует представлениями и понятиями. Благодаря этому виду памяти он понимает и запоминает смысл прочитанного или услышанного.

Все виды памяти тесно взаимосвязаны, поэтому лучше запоминается то, что значимо, ново, образно и эмоционально насыщено.

Вопросы и задания

1. Что такое память и каково ее значение для человека? **2.** На основании каких критериев различают виды памяти? **3.** В чем различия между кратковременной и долговременной памятью, непроизвольной и произвольной? **4.** Объясните различия между образной и словесно-логической памятью. **5.** Приведите примеры эмоциональной памяти. Какое значение она имеет в жизни человека?

§ 31. Разнообразие чувств



Какое место занимают чувства в жизни человека?

Внутренний мир человека богат и разнообразен. С давних пор мыслители стремились классифицировать чувства. Все они были согласны только в том, что чувства субъективно переживает каждый отдельный человек. Поэтому описать их объективно невозможно. Чувство — это то, что отличает живое от неживого. Чем богаче мир чувств, тем больше человек способен понимать других, сопереживать.

Эмоции. Физиологическое состояние с выраженной субъективной окраской, отражающее отношение к себе и среде, называют *эмоциями*. Они регулируют поведение и выражаются в реакциях всего организма, включая двигательные и вегетативные компоненты. Посредством эмоций оценивается биологическое значение раздражителей. Эмоции повышают возбудимость нервной системы, чувствительность сенсорных систем, усиливают все формы поведения. Они служат для оценки результатов деятельности, имеют информационное значение и являются способом общения. Благодаря эмоциям многие люди хорошо понимают друг друга, даже не пользуясь речью. Мир чувств — это область искусства.

Показателями эмоций являются *эмоциональные реакции*. Различают их внешний (двигательный) и внутренний (вегетативный) компоненты. Внешне эмоции проявляются в мимических, пантомимических (позных), слезных, мигательных, голосовых и других реакциях. Этими компонентами можно сознательно управлять, подавляя их или усиливая. Вегетативные компоненты эмоций — сердечно-сосудистые, дыхательные, секреторные и подобные им неконтролируемые реакции. На регистрации их основано тестирование на «детекторе лжи».

Эмоциональные реакции возникают при активации определенных структур центральной нервной системы. Эти реакции могут быть обусловлены и деятельностью желез внутренней секреции: например, адреналин и мужские половые гормоны усиливают агрессию.

Эмоциональные реакции людей формировались в процессе общественно-исторического развития под влиянием национальных, культурных, религиозных традиций и моральных установок. Эмоциям посвящено множество специальных исследований. Рассмотрим их с позиции физиологии.

Эмоции различают по знаку (положительные, отрицательные и нейтральные), по характеру (радость, страх, гнев). Эмоции могут быть различной силы и длительности. Например, настроение — это умеренная и продолжительная эмоция; страсть — всегда сильная и длительная эмоция, а аффект — бурная эмоциональная вспышка, часто с потерей контроля над собой.

Аффект возникает как реакция на уже произошедшее событие, например горе при потере близкого человека, гнев при измене, радость при успехе. Аффект может быть спровоцирован алкоголем и наркотиками.

Любое чувство может приобрести аффективную форму. Аффект — это шквал, буря. Охваченный страстью или ужасом, растерянностью, восторгом или отчаянием человек неадекватно воспринимает мир, выражает свои чувства и не может владеть собой. В этом состоянии он подчас опасен, способен нанести увечья другим и себе, даже совершить преступление.

В момент аффекта человек находится в состоянии болезненного доминантного возбуждения, а посторонние вмешательства могут лишь усиливать его. Через некоторое время чрезмерное возбуждение сменяется безусловным охранительным торможением. Тогда возникает эмоциональный шок — аффект заканчивается упадком сил, усталостью и даже обмороком.

Различные эмоциональные состояния обычно влияют на поведение человека.

Фрустрация — состояние, вызываемое непреодолимыми трудностями на пути к цели. Часто ее причиной становится незаслуженная социальная оценка, затрагивающая значимые отношения личности.

Фрустрация сопровождается гаммой отрицательных чувств, способных негативно повлиять на сознание и деятельность. В этом состоянии человек



Рис. 54. Стресс-реакция и ее фазы

может быть озлоблен, подавлен, агрессивен. Нередко он чувствует потерю смысла существования. Если ситуация не разрешается положительно, то возникают нервные срывы, расстройства сна, потеря аппетита.

Стресс. Напряжение сил всего организма канадский ученый Г. Селье назвал *стрессом*. Его могут вызвать различные неблагоприятные факторы, например умственное и эмоциональное напряжение, недостаток или избыток информации, усталость, страх, обида, холод, боль. Стресс захва-

тывает весь организм, включая вегетативную, эмоциональную и волевую сферы личности.

Обычно стресс развивается в три этапа. На первом этапе мобилизуются защитные силы организма, повышается устойчивость к травмирующим воздействиям. Ведущую роль на этом этапе играет нервная система, перестраивающая функции всех вегетативных органов. На втором этапе под влиянием гормонов коры надпочечников происходит адаптация организма к стрессу. Развитие стресс-реакции представлено на схеме (рис. 54).

Если стрессовая ситуация и далее сохраняется, наступает третья стадия — истощение. На этой стадии ресурсы организма достигают критического предела. Стресс сопровождается упадком сил, ухудшением самочувствия, подверженностью различным заболеваниям.

Вопросы и задания

1. Какие чувства вы знаете? **2.** Объясните, что такое эмоции и какое значение они имеют. **3.** Расскажите об эмоциональных реакциях и их физиологической природе. **4.** Что такое аффект? Приведите примеры аффективных состояний. **5.** Какие этапы различают в развитии стрессовых реакций?

Темы сообщений и рефератов

1. Творцы науки о мозге (на примере жизни одного из ученых).
2. Научный взгляд на гипноз и внушение.
3. Тайны сна. Летаргический сон.
4. Что такое характер?
5. А был ли Маугли?
6. Роль бессознательных и подсознательных процессов в поведении.

ПОКРОВЫ ТЕЛА



Немного истории...

1819 г. *Немецкий естествоиспытатель К. Майер ввел понятие и термин «гистология». Своей работой он дал толчок к изучению этой области биологии.*

1853 г. *Немецкий анатом и физиолог Г. Мейснер впервые описал осязательные тельца.*

1860 г. *Немецкий анатом и гистолог В. Краузе описал чувствительные концевые колбочки.*

§ 32. Строение и значение кожи



Для чего человеку кожа?

Наружные покровы тела состоят из кожи и ее производных — волос, ногтей, молочных, сальных и потовых желез. Кожа служит границей между организмом и внешней средой. К наружным покровам относят и слизистые оболочки, которые выполняют барьерную функцию.

Функции кожи. Кожа образует наружный покров тела, площадь которого у взрослого человека составляет 1,6—1,8 м^2. Функции кожи — защитная, выделительная, рецепторная и ряд других.

Защищая организм от вредных воздействий, кожа препятствует проникновению в него болезнетворных микроорганизмов и ядовитых веществ. Велика роль кожи в обмене веществ. По состоянию кожи можно судить о его нарушениях.

Важную роль кожа играет в обмене воды и солей, а также в терморегуляции. В течение суток через нее выделяется 0,5—0,6 л воды, выводятся различные соли, молочная кислота и другие продукты. Около 80% тепла отдается через кожную поверхность. Кожа участвует в регуляции кровообращения: в сосудах кожи может находиться до 1 л крови.

Кожа пронизана чувствительными нервными окончаниями, воспринимающими тепло и холод, прикосновение, давление, боль. С помощью рецепторов мышц и кожи, человек определяет размеры, плотность, форму предметов. Особенно много рецепторов на кончиках пальцев, губах, щеках.

Строение кожи. Кожа состоит из эпителиальной части — *эпидермиса* и собственно кожи — *дермы* (рис. 55), под которой расположена жировая ткань с пучками волокон — *подкожная клетчатка*. На разных участках тела толщина кожи колеблется от 0,5 до 4 мм.

Эпидермис представляет собой многослойный плоский ороговевший эпителий, наиболее утолщенный на подошвах и ладонях. Клетки глубоких слоев эпидермиса интенсивно делятся, образуя *ростковый слой*. При ультрафиолетовом облучении в них синтезируется пигмент *меланин*, придающий коже характерную окраску. Содержание меланина у разных людей неодинаково. Количество пигмента меняется в зависимости от внешних факторов и внутренних причин, например появление загара или пятен на коже при беременности. Меланин выполняет защитную функцию, ограждая организм от повреждающего действия ультрафиолетовых лучей.

Ороговевшие поверхностные слои эпителия слущиваются в виде *роговых чешуек*. Роговой слой полностью обновляется в течение 7—11 суток.

В дерме выделяют сосочковый и сетевидный слои. Сосочковый слой состоит из рыхлой соединительной ткани, которая образует многочисленные

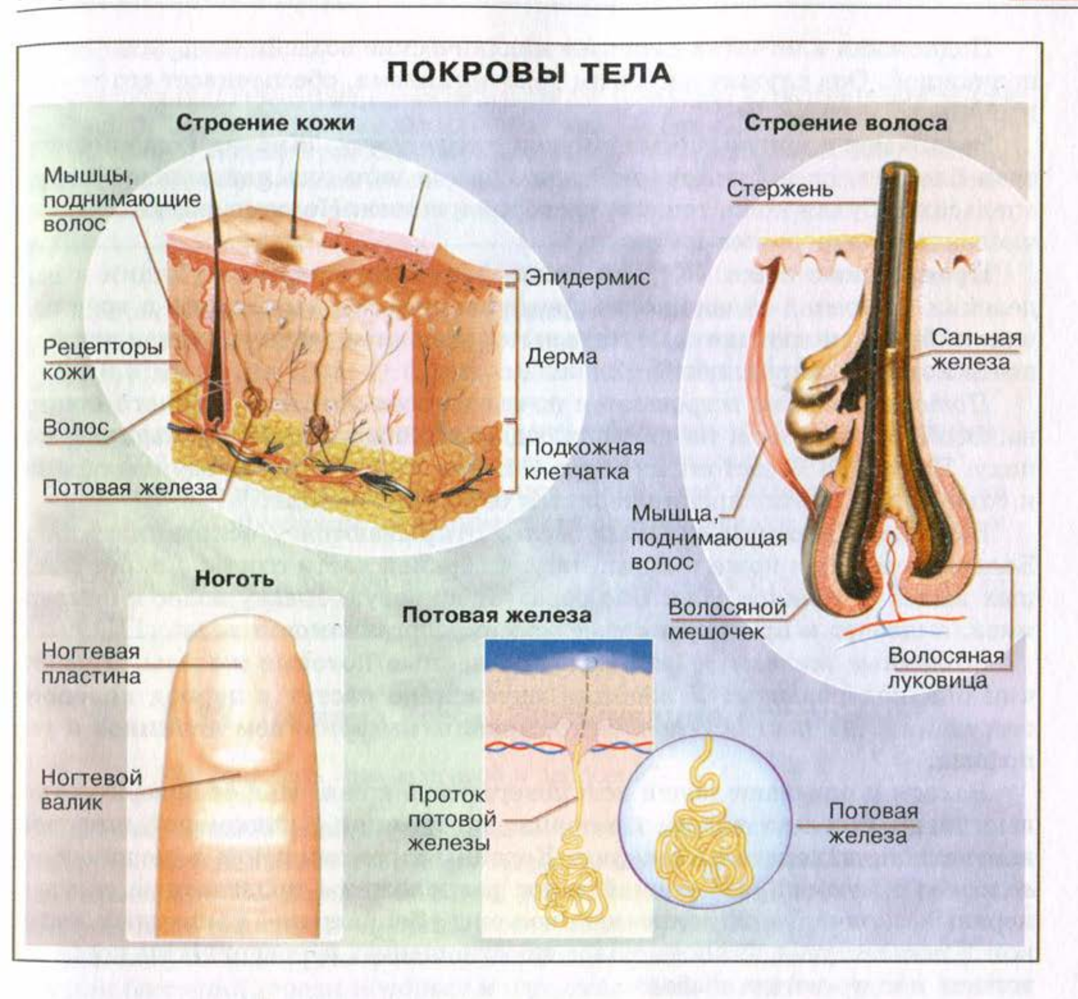


Рис. 55. Кожа и ее производные

выросты (сосочки), вдающиеся в эпидермис. Они определяют строго индивидуальный рисунок кожи. В сосочковом слое встречаются гладкие мышечные волокна, при сокращении которых на холоде появляется «гусиная кожа» (пупырышки). В результате уменьшается как секреция кожных желез, так и приток крови в подкожные капилляры, а вследствие этого и теплоотдача.

Сетевидный слой образован плотной соединительной тканью, придающей коже прочность. В дерме расположены сальные железы, корни волос, кровеносные и лимфатические сосуды, нервные окончания.

Подкожная клетчатка смягчает механические воздействия, делая кожу подвижной. Она служит жировым депо организма, обеспечивает его термоизоляцию.

Различают жирную, нормальную и сухую кожу. Жирная кожа лоснится и блестит, ее поры хорошо видны, из-за чего она напоминает корку апельсина. Сухая кожа тонкая, часто шелушится. Нормальная кожа перечисленных недостатков не имеет.

Производные кожи. Железы кожи участвуют в терморегуляции и выделении. Жировая смазка кожи предохраняет ее от высыхания и вредных влияний. Различают потовые, сальные и молочные железы, общая численность которых составляет 2—2,5 млн.

Потовые железы встречаются почти на всех участках кожного покрова. Особенно много их на пальцах, ладонях, подошвах, в подмышках и в паху. Пот на 98% состоит из воды. С потом выделяются продукты обмена и соли, а при его испарении теряется около 20% тепла.

Выводные протоки *сальных желез* открываются у основания волос. Больше всего их в коже головы, лица и верхней части спины. Секрет сальных желез — кожное сало. Оно образует жировую смазку волос и эпидермиса, смягчает и предохраняет ее от микроорганизмов и воды.

Молочные железы — это видоизмененные потовые железы. У мужчин они недоразвиты. У женщин интенсивно растут в период полового созревания. Их рост обусловлен гормональным влиянием яичников и гипофиза.

Волосы покрывают почти всю поверхность кожи. Над ее поверхностью выступают стержни волос, а в толще, на границе с подкожной жировой клетчаткой, находятся их корни. Корень волоса заключен в мешочек — *волосяную луковицу*. У корней волос расположены кровеносные сосуды, нервные окончания и мышечные волокна. Сокращение мышечных волокон изменяет угол наклона волос по отношению к поверхности кожи — волосы могут «встать дыбом».

Волосы живут от нескольких месяцев до 2—3 лет. В течение жизни человека они постоянно сменяются. Ежедневно с головы выпадают до 100 волос. Такое же их количество вырастает вновь. С возрастом волосы теряют пигмент, и в них появляются пузырьки воздуха — они седеют.

Ногти — производные эпидермиса. Каждый ноготь представляет собой плотную роговую пластинку, лежащую на ногтевом ложе. Сзади и с боков ноготь ограничен кожными валиками. Задняя его часть называется корнем, средняя, большая — телом, а свободно выступающая часть — краем. Ногти защищают кончики пальцев от повреждений.

Вопросы и задания

1. В чем проявляется защитная и выделительная функции кожи? **2.** Назовите другие функции кожи. **3.** Опишите строение каждого слоя кожи. **4.** Как образуется загар? **5.** Перечислите кожные железы и расскажите об их роли. **6.** Что представляют собой волосы и ногти? **7.** Объясните физиологическое значение рефлекторного сокращения мышечных волокон, расположенных у основания волос.

Для любознательных

Общая масса кожи взрослого человека составляет 2—3 кг.

Скорость роста волос у новорожденного 0,2 мм/сутки, позднее — 0,3—0,5 мм/сутки и за 4—5 лет они могут достичь длины более одного метра.

Среднее количество волос на голове: у блондинов 150 тыс., у брюнетов — 102 тыс., у шатенов — 110 тыс., у рыжеволосых — 88 тыс.

Один волос при поперечном сечении в 0,002 мм^2 выдерживает груз до 100 г, т. е. по прочности он занимает среднее положение между медью и железом.

Ногти на руках растут со скоростью 0,086 мм в сутки, на ногах — 0,05 мм.

§ 33. Гигиена кожи. Закаливание организма



Как сохранить кожу красивой и здоровой?

Гигиена кожи. Правильный уход за кожей предотвращает ее заболевания и преждевременное старение, выражающееся в снижении эластичности, образовании морщин и складок, ухудшении цвета. Состояние кожного покрова часто зависит и от общего состояния организма.

Кожное сало и органические вещества создают благоприятные условия для бактерий, среди которых могут оказаться болезнетворные: только на 1 см^2 кожи может находиться до 3 млн микроорганизмов. Слущивающиеся чешуйки эпидермиса и скопление кожных выделений закупоривают протоки сальных и потовых желез, нарушают их деятельность, резко снижают способность к выделению бактерицидных веществ.

Проникновение микробов через трещины или царапины грязной кожи может вызвать нарывы и тяжелое инфекционное заболевание — рожистое воспаление. При загрязнении ран землей в организм могут проникать возбудители столбняка — смертельно опасного заболевания.

Любые раны необходимо обрабатывать настойкой йода или перекисью водорода. В случае попадания земли следует немедленно обратиться в медицинское учреждение для противостолбнячной прививки.

Для удаления с поверхности кожи грязи и выделений необходимо принимать душ и умываться. У подростков, особенно у юношей, потоотделение сильнее, а кожа нежнее и более ранима, чем у взрослых. Умываться и мыть руки следует водой комнатной температуры, так как горячая вода снижает эластичность кожи, делает ее дряблой, а холодная нарушает нормальную секрецию сальных желез, способствует закупорке их выводных протоков и образованию угрей. Не реже одного раза в неделю следует мыться горячей водой с мылом. Благоприятное влияние на кожу оказывают солнечные лучи, свежий воздух, купание и другие водные процедуры.

Уход за ногтями. За неделю ногти отрастают на 0,5 мм. Их следует регулярно обрезать и постоянно чистить, так как под ногтями скапливается огромное количество болезнетворных микроорганизмов, представляющих угрозу для здоровья.

Уход за волосами. Внешность человека во многом зависит от вида волос. Здоровые волосы мягкие, эластичные, имеют естественный блеск. Эти свойства придают им выделяемый сальными железами жир. Важно сохранять и улучшать природные свойства волос. Основной способ ухода за ними — регулярное мытье. Для этого лучше использовать кипяченую или отстоявшуюся воду и рекомендуемый, в зависимости от состояния кожи и типа волос, шампунь. Необходимо защищать волосы от прямых солнечных лучей, так как они обесцвечиваются, пересыхают, становятся ломкими и легко выпадают.

Для улучшения роста волос полезно время от времени немного подрезать их концы. На питании и на росте волос неблагоприятно отражается переохлаждение, вызывающее сужение кровеносных сосудов довольно тонкой кожи черепа. Не рекомендуется ходить в холодную погоду без головного убора.

Закаливание. Современные условия жизни уменьшают воздействие таких атмосферных факторов, как температура, влажность, солнечные лучи, а также снижают устойчивость организма к заболеваниям.

Низкая температура у одного человека вызывает простуду и никак не сказывается на другом. При одинаковых условиях легче переносит перемены погоды человек, который с детства закаливал свой организм, приучал его к колебаниям температуры.

Под закаливанием понимают планомерное приспособление организма к неблагоприятным факторам. При закаливании под влиянием систематического действия холодного воздуха усиливается обмен веществ, совершенствуются защитные механизмы, улучшаются сосудистые реакции и сердечная деятельность, ускоряется движение крови по сосудам. Приток к коже большого количества крови предохраняет организм от переохлаждения — самой

частой причины острых респираторных заболеваний (ОРЗ). Человек заранее подготавливается к возможному воздействию неблагоприятных факторов, и в случае их появления они не нарушают жизнедеятельность. Закаленные люди мало подвержены простуде и более выносливы. Охлаждение не угнетает у них защитные силы, а наоборот, их активизирует.

Способы закаливания. Закаливающие процедуры должны быть регулярными, иначе устойчивость к холоду вновь снизится. После перенесенного заболевания интенсивность и продолжительность закаливающихся воздействий следует возобновлять постепенно.

Наиболее распространенная форма закаливания — *воздушные ванны* в сочетании с *активными движениями*. В теплое время года для этого хороши длительные прогулки, туристические походы, сон в помещении с открытым окном. Зимой — ходьба на лыжах, катание на коньках или пробежки в спортивной одежде. Закаливанию способствует утренняя гимнастика на открытом воздухе или в тщательно проветриваемом помещении.

Более сильное закаливающее действие имеют *водные процедуры*. Вода оказывает еще и механическое воздействие на кожу, своеобразно массирует ее, улучшает кровоснабжение. Закаливание можно проводить в виде обтирания или обливания водой. В домашних условиях закаливание водой начинают с температуры комфорта для обнаженного тела (28—30 °С) и снижают ее каждые 2—3 дня на градус, доводя до 18—15 °С. Если позволяет здоровье, ее можно довести до температуры холодной водопроводной воды (10—12 °С). Заканчивают процедуру активным обтиранием тела полотенцем в направлении от конечностей к сердцу.

Самым эффективным способом закаливания является купание в открытых водоемах: раздражение водой сочетается с воздействием воздуха, а тело согревается за счет усиленной работы мышц во время плавания. Купаться начинают при температуре воды и воздуха не ниже 18—20 °С. При длительном пребывании в холодной воде даже усиленный обмен веществ часто не восполняет теплопотери, и может произойти переохлаждение.

Закаливающим фактором могут быть и *солнечные ванны*. Солнечные лучи вызывают расширение сосудов кожи, усиливают деятельность кроветворных органов, способствуют образованию в организме витамина D. Продолжительность солнечных ванн первое время не должна превышать 5—10 мин. Затем можно увеличивать процедуру на несколько минут каждый день. В дальнейшем можно загорать около часа, но с перерывами для отдыха в тени. Неумеренное пребывание на солнце может привести к перегреванию, солнечному удару, ожогам кожи. Избыточное солнечное облучение способствует обострению хронических заболеваний, возникновению злокачественных опухолей кожи и внутренних органов.

Вопросы и задания

1. Почему необходимо удалять с кожи излишки пота и сала? **2.** Как следует ухаживать за кожей, волосами и ногтями? **3.** Какие физические факторы среды чаще всего снижают устойчивость организма к заболеваниям? **4.** На каких физиологических явлениях основано закаливание? **5.** Назовите известные вам виды закаливания.



Блондины, брюнеты, шатены... Какой пигмент определяет цвет волос и в каких клетках он синтезируется? Почему у людей разная интенсивность окраски волос?

Темы сообщений и рефератов

1. Можно ли доверять гаданью по руке?
2. О чем может рассказать кожа опытному врачу?
3. Родинки — зло или благо?
4. Тайна папиллярных линий.



ОПОРА И ДВИЖЕНИЕ
(СИСТЕМА ОРГАНОВ ДВИЖЕНИЯ)

Немного истории...

1680—1681 гг. *Итальянский естествоиспытатель Дж. А. Борелли опубликовал сочинение, в котором объяснил процессы движения животных и работу мышц на основе принципов механики.*

1791 г. *Итальянский врач Л. Гальвани, изучая действие электрических разрядов на мышцы лапок лягушек, открыл феномен животного электричества.*

1922 г. *Присуждена Нобелевская премия английскому физиологу А. В. Хиллу за работы по термодинамике мышечной деятельности и немецкому биохимику О. Ф. Мейергофу за открытие зависимости между потреблением кислорода и образованием молочной кислоты в мышцах.*

§ 34. Строение скелета



Что представляет собой скелет человека?

Значение опорно-двигательного аппарата. Одна из отличительных и важнейших функций животных и человека — движение, перемещение, т. е. *локомоция* (от лат. *локус* — место, *моцио* — движение). Она осуществляется опорно-двигательным аппаратом, состоящим из пассивной части —

костей скелета и их соединений — и активной части — мышц. Управление движениями осуществляет нервная система.

Скелет служит опорой тела, позволяет ему сохранять определенную форму и вертикальное положение (рис. 56).

Скелетные мышцы прикрепляются к костям и при сокращении вызывают движения в суставах, в результате которых происходит перемещение тела или его отдельных частей, поддерживается поза. Следовательно, костная и мышечная системы объединены в *систему органов движения*.

Скелет и мышцы выполняют также защитные функции: череп и позвоночник служат футлярами для головного и спинного мозга. Грудная клетка надежно закрывает сердце, легкие и крупные сосуды, а брюшные мышцы защищают внутренние органы.

В костях запасаются кальций и фосфор, в мышцах — гликоген. Без резервирующей функции этих органов невозможен гомеостаз. Красный костный мозг — главный орган кроветворения, а мышцы — органы теплопродукции.

Скелет. Совокупность твердых образований — костей, хрящей и укрепляющих их связок — называют *скелетом*.

У взрослого человека скелет состоит из более чем 200 костей и имеет большое сходство со строением скелета высших позвоночных животных. В нем различают три отдела: череп, скелет туловища и скелет конечностей.

Череп (рис. 57) определяет форму головы, защищает головной мозг, органы слуха, обоняния, зрения, служит местом прикрепления мимических и жевательных мышц. Череп — начальная часть пищеварительной и дыхательной систем. В черепе различают мозговой и лицевой отделы.

Мозговой отдел (черепная коробка) образован неподвижно соединенными костями: лобной, парными теменными и височными, затылочной и рядом других. В височных костях находятся наружные слуховые отверстия, а в нижней части затылочной — большое затылочное отверстие, в области которого спинной мозг соединяется с головным.

Лицевой отдел состоит из многих костей. Самые крупные из них — верхнечелюстные. Они соединены с костями мозгового черепа. Нижнечелюстная кость — единственная подвижная кость черепа. Ее головки входят в нижнечелюстные ямки височных костей, что позволяет нижней челюсти двигаться вверх и вниз, влево и вправо, вперед и назад. Такая свобода движений нижней челюсти позволяет человеку пережевывать пищу и членораздельно говорить. На челюстных костях имеются лунки, в которых находятся корни зубов.

Скелет туловища образуют позвоночник и грудная клетка. *Позвоночник* состоит из 33—34 коротких костей — *позвонков*, расположенных друг над другом в виде позвоночного столба. Различают семь шейных, двенадцать

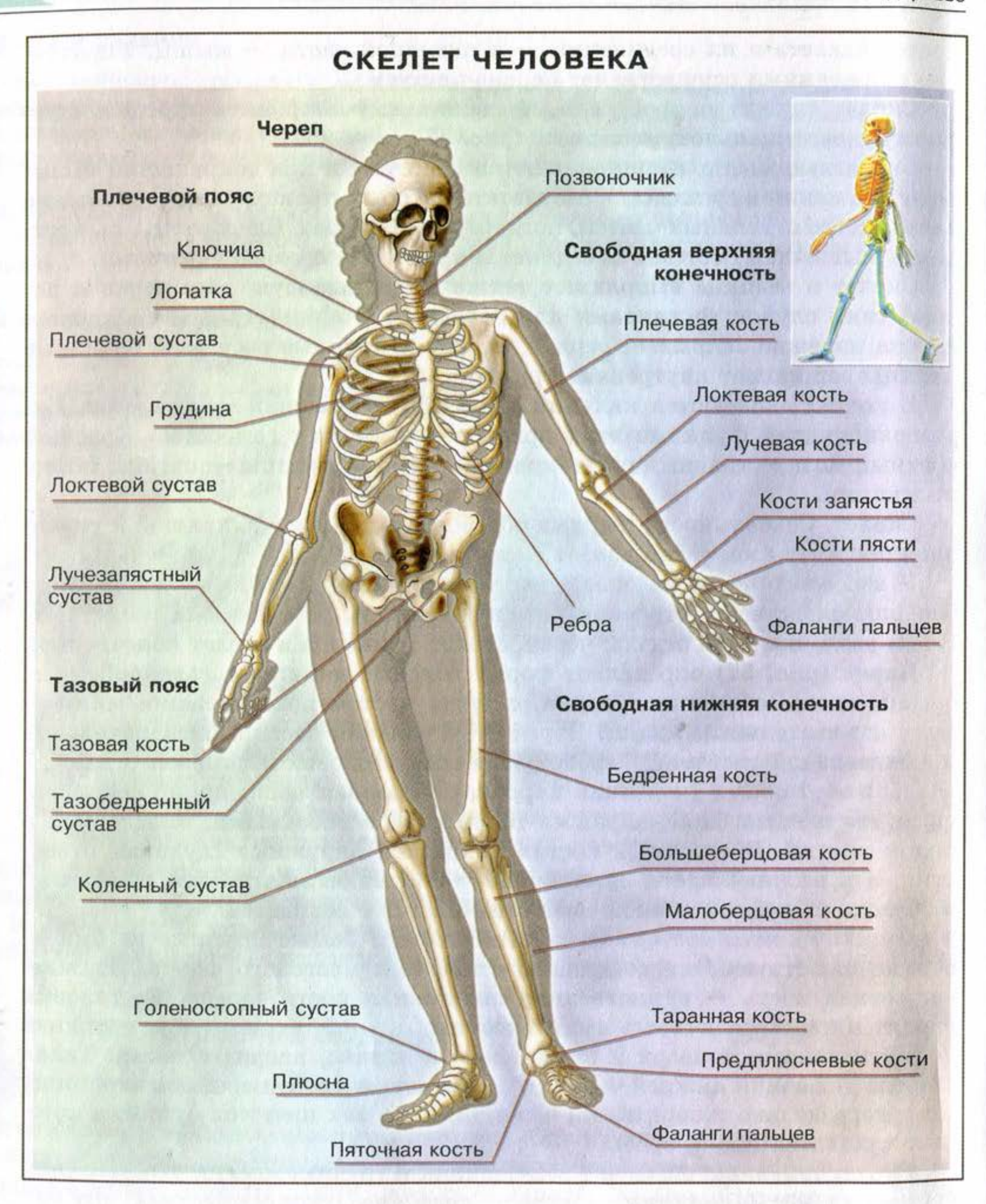


Рис. 56. Строение скелета человека

грудных, пять поясничных, пять сросшихся крестцовых позвонков, образующих массивный крестец, и четыре-пять копчиковых (рис. 58). Между позвонками (кроме крестцовых) находятся прослойки хрящевой ткани — *межпозвоночные диски*. Они обеспечивают гибкость, упругость и смягчают сотрясения (амортизируют) при беге, ходьбе и прыжках.

Каждый позвонок состоит из тела, дуг и нескольких отростков, самый длинный из которых — остистый — обращен назад. Между телами и дугами всех позвонков имеются отверстия. Отверстия всех позвонков в совокупности формируют *позвоночный канал*, вмещающий спинной мозг. Позвоночник соединен в одно целое межпозвоночными дисками и большим количеством связок.

В позвоночнике человека четыре изгиба: шейный, грудной, поясничный и крестцовый. Благодаря S-образной изогнутости позвоночник способен пружинить, смягчая толчки при ходьбе. Изгибы позвоночника имеются только в скелете человека. Они возникли в процессе эволюции при переходе предков человека к прямохождению.

Грудная клетка является частью скелета туловища. Она образована грудными позвонками, двенадцатью парами ребер и грудиной. Вращаясь в ямках грудных позвонков, ребра могут изменять свое положение, подниматься

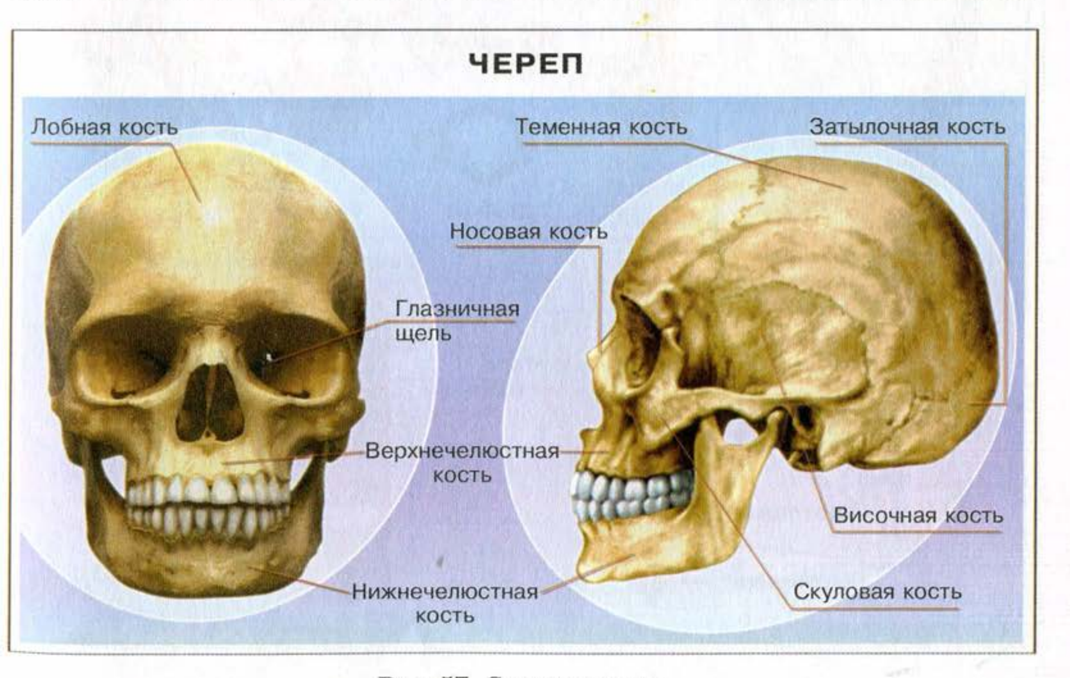


Рис. 57. Скелет головы

и опускаться. Передние концы семи пар верхних ребер соединены с плоской грудиной, 8—10-й пар — с вышележащим ребром. Ребра 11-й и 12-й пары короче и оканчиваются свободно.

Скелет конечностей образован костями свободных конечностей и их поясов, при помощи которых они прикрепляются к скелету туловища.

Плечевой пояс и *скелет свободных верхних конечностей*. Пояс верхних конечностей (рис. 59) состоит из двух плоских треугольных лопаток, лежащих на задней поверхности грудной клетки, и двух ключиц. Ключицы соединены одним концом с грудиной, а другим — с лопаткой. Лопатки и ключицы подвижны.

Скелет свободной верхней конечности состоит из плечевой кости, костей предплечья и кисти. Длинная плечевая кость сочленяется с лопаткой,

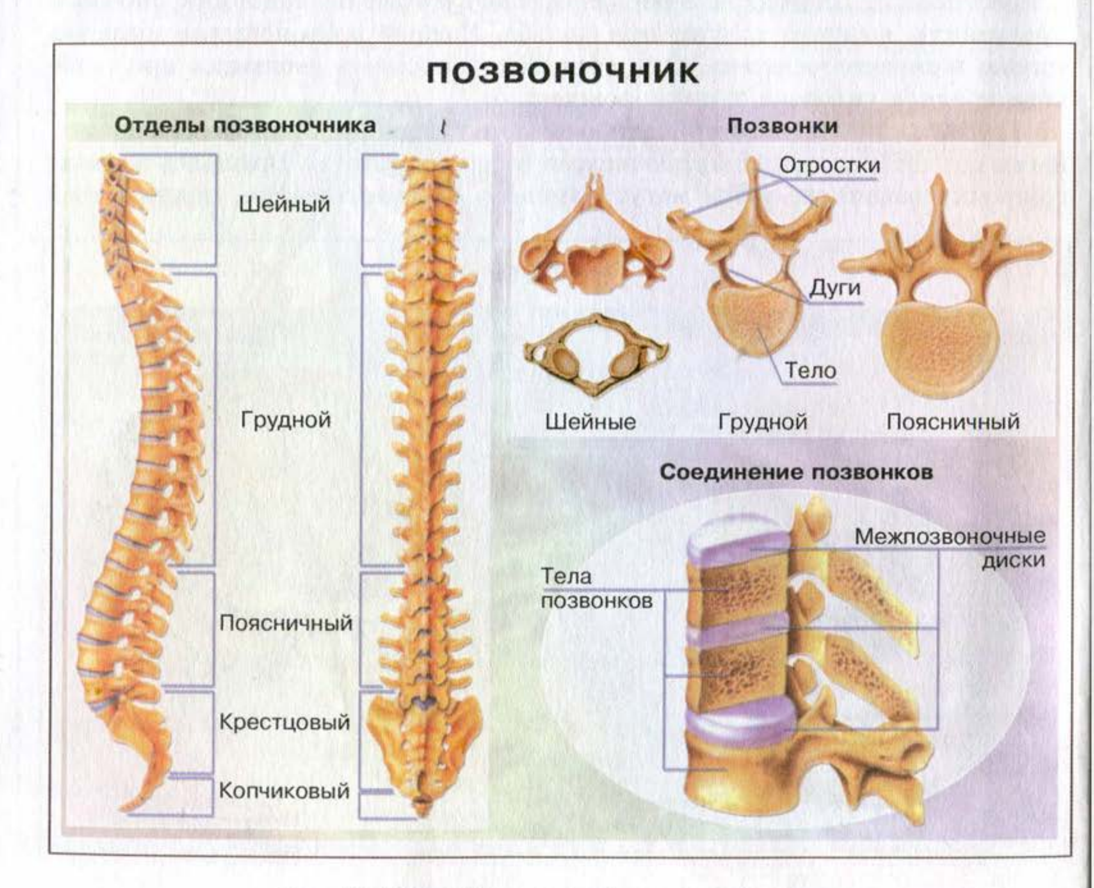


Рис. 58. Строение позвоночника и позвонков

а также образует локтевой сустав с костями предплечья: локтевой и лучевой. Локтевая кость расположена по линии мизинца, а лучевая — по линии большого пальца. Кисть состоит из запястья, пястья и пальцев. В ее скелете различают восемь расположенных в два ряда коротких мелких костей запястья, пять трубчатых костей пястья и кости пальцев. В первом пальце — две, а во всех остальных — по три подвижных кости (фаланги). Большой палец противопоставляется всем остальным, что важно для выполнения точных движений. Лучевая кость и кости верхнего ряда запястья образуют лучезапястный сустав.

Особенности строения рук человека возникли в процессе исторического становления людей. Руки перестали быть опорой, сделались свободными и развились в результате труда. Это привело к их укорочению, уменьшению



Рис. 59. Скелет верхних и нижних конечностей

массивности костей, увеличению подвижности, особенно большого пальца.

Тазовый пояс и *скелет свободных нижних конечностей*. Пояс нижних конечностей образован двумя массивными плоскими тазовыми костями, которые сзади сращены с крестцом, а спереди соединены друг с другом, образуя *таз* — прочное неподвижное основание для прикрепления нижних конечностей.

Скелет нижних конечностей состоит из бедра, голени и стопы. В бедре одна кость — бедренная, самая крупная кость скелета, в голени — две: большеберцовая и малоберцовая.

Нижний конец бедренной и верхний конец большеберцовой кости образуют коленный сустав. Спереди он защищен небольшим плоским надколенником (коленной чашечкой).

В скелете стопы семь коротких костей предплюсны, пять трубчатых костей плюсны и кости пальцев. Одна из семи костей предплюсны сочленяется голеностопным суставом с костями голени, а наиболее крупная из них — пяточная — имеет пяточный бугор, служащий опорой. Стопа человека образует своды, которые опираются на пяточную кость и на передние концы костей плюсны.

Пружинящие своды стопы присущи только человеку: они возникли под влиянием прямохождения. Благодаря им вес тела распределяется равномерно, вследствие чего стопа выдерживает большую нагрузку, и при этом мышцы, сосуды и нервы подошвенной поверхности не испытывают давления. Своды смягчают толчки тела при ходьбе.

В связи с прямохождением таз человека стал шире и массивнее — он поддерживает органы брюшной полости; кости ног отличаются большой длиной и прочностью — они выдерживают всю тяжесть тела и передвигают его.

Вопросы и задания

1. Какие функции характерны для системы органов движения? **2.** Назовите основные отделы скелета человека. **3.** Что повлияло на развитие верхних конечностей человека? **4.** Из каких отделов и костей образован скелет нижних конечностей? **5.** Перечислите особенности скелета человека, отличающие его от скелета других млекопитающих. С чем связаны эти особенности? **6.** Нагните голову и прощупайте на границе шейного и грудного отдела седьмой шейный позвонок.

§ 35. Свойства, состав, строение и соединение костей



Какими свойствами обладают кости?

Свойства костей. Кости человека обладают твердостью, прочностью и гибкостью. Твердость их приближается к твердости железа. Исследования на прочность показали, что плечевая кость выдерживает нагрузку в 850 кг, а бедренная — в 1,5 т. Свойства костей зависят от их химического состава и строения.

Химический состав кости. Живая кость наполовину состоит из воды, почти на четверть — из минеральных веществ, остальная часть — 30 % — органические соединения. Минеральные вещества представлены в основном солями кальция, фосфора и магния.

Если поместить кость в раствор соляной кислоты, то минеральная часть растворится, и останутся пучки органических волокон. Такая кость станет мягкой и пластичной. Прокаленная на огне кость лишается органических веществ и делается хрупкой. Сочетание твердого и хрупкого неорганического и эластичного органического компонентов делает кости прочными и упругими. Наибольшая прочность кости отмечается в зрелом возрасте: 20—40 лет.

У детей в костной ткани преобладают органические вещества. Кости ребенка менее ломки и более гибки, они легко деформируются и искривляются.

Строение костей. Выступы, гребни и шероховатости на поверхности костей — это места прикрепления мышц. Отверстия в костях — выходы кровеносных сосудов и нервов. Кости покрыты плотной соединительной тканью — *надкостницей*. На внутренней ее поверхности расположены клетки, способные к делению. Надкостница обеспечивает нарастание кости в толщину и восстановление после перелома. Из надкостницы в кость проникают многочисленные кровеносные сосуды и нервы (рис. 60).

Под надкостницей располагается слой плотного *компактного вещества*. На концах длинных костей и во всех коротких и плоских под ним расположено губчатое вещество, которое состоит из множества пересекающихся тонких пластинок и многочисленных ячеек. В губчатом веществе находится *красный костный мозг*. Он выполняет кроветворную функцию — образует клетки крови. В полостях длинных костей этот мозг заменяется жировой тканью — *желтым костным мозгом*.

Типы костей. В скелете встречаются кости различной величины и формы. Выделяют трубчатые, губчатые и плоские кости.

Трубчатая кость полая и состоит из тела и двух головок. Они являются прочными рычагами, с помощью которых человек может передвигаться в

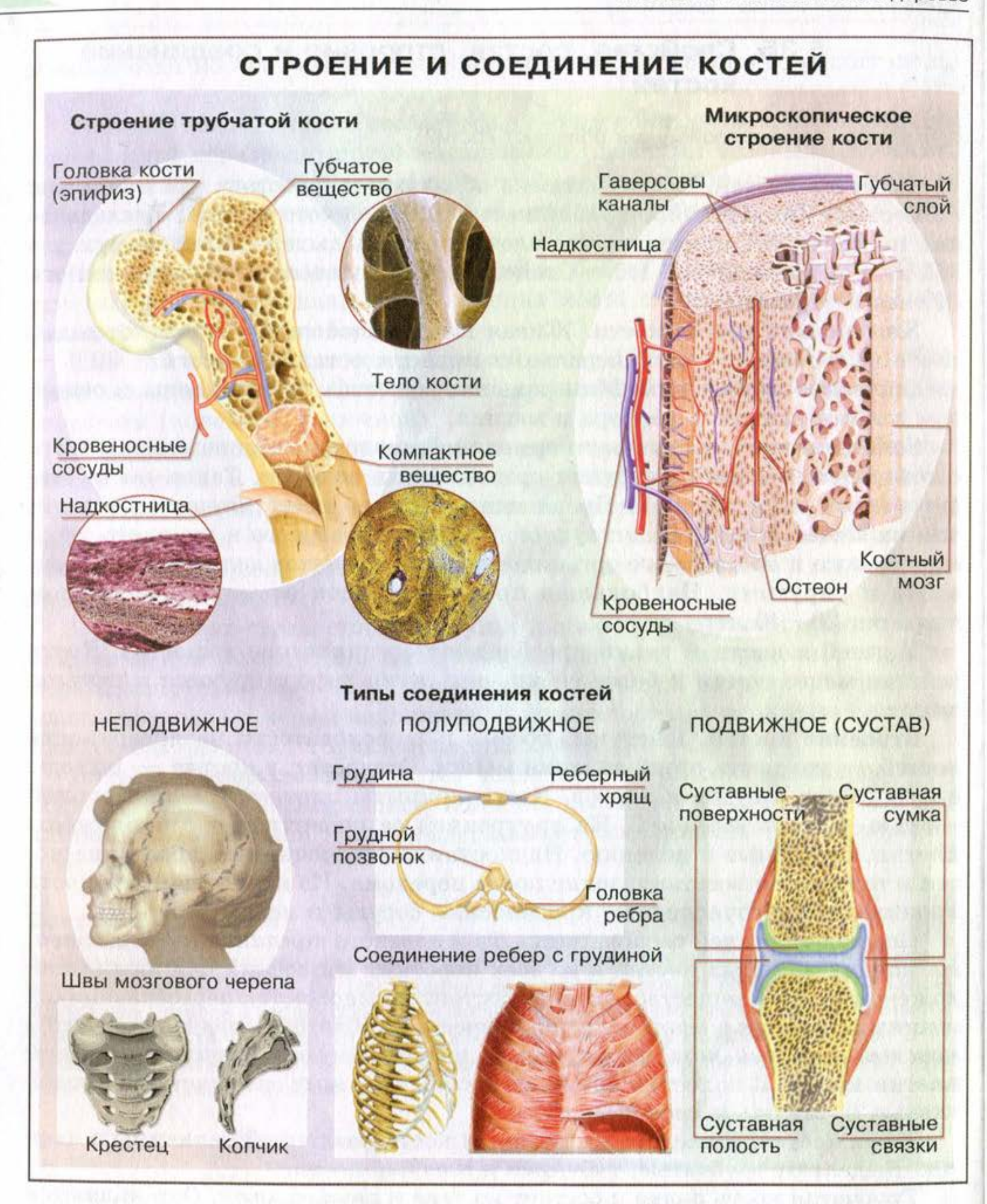


Рис. 60. Кости и типы их соединения

пространстве или поднимать тяжести. К трубчатым костям относятся кости конечностей. Их строение обусловливает большую прочность и легкость.

Губчатая кость покрыта тонким слоем компактного вещества, под которым находится губчатое вещество. К губчатым костям относятся ребра, позвонки, грудина, кости запястья и предплюсны. Они выполняют функцию опоры и защиты.

Плоская кость состоит из двух слоев компактного вещества, между которыми располагаются пересекающиеся, как балки, пластинки губчатого вещества. К плоским относится тазовая кость, лопатка, кости мозгового черепа. Они образуют стенки полостей, содержащих внутренние органы.

Рост костей. Во внутриутробном периоде развития постепенно формируется скелет. Вначале он состоит из рыхлой соединительной ткани, которая затем заменяется хрящом. У новорожденного бóльшая часть скелета уже состоит из костей. Однако его формирование завершается после 25 лет.

В детстве и юности кости нарастают и в длину, и в толщину. Рост в длину осуществляется за счет деления хрящевой ткани в зонах роста, находящихся вблизи концов трубчатых костей. Рост в толщину происходит за счет надкостницы.



Как кости могут соединяться между собой?

Соединение костей. Различают три типа соединения костей: неподвижное, полуподвижное и подвижное.

Неподвижное соединение, или *шов*, достигается путем срастания. В мозговом отделе черепа многочисленные выступы одной кости входят в соответствующие углубления другой. Неподвижно соединены кости таза и крестца.

Полуподвижное соединение характеризуется наличием между костями эластичного хряща. Например, между позвонками имеются межпозвоночные диски, а между ребрами и грудиной — упругие хрящи. Хрящи эластичны и позволяют костям немного смещаться. Такие соединения обеспечивают некоторую подвижность, потому их и называют полуподвижными.

Подвижные соединения, или *суставы*, имеются в костях конечностей. Соприкасающиеся кости в суставе покрыты общей оболочкой из плотной соединительной ткани — *суставной сумкой*. Она прирастает к надкостнице сочленяющихся костей вблизи суставных поверхностей и герметично закрывает суставную полость.

Щелевидная полость сустава заполнена суставной жидкостью, а суставные поверхности костей покрыты хрящом. Жидкость и хрящи (своеобразные «подшипники») — уменьшают трение и обеспечивают свободное скольжение.

Поверх суставной сумки расположены прочные связки и мышцы. Перекидываясь через сустав, они удерживают соединяющиеся кости и укрепляют соединение.

Суставные поверхности большинства сочленяющихся костей неодинаковы по форме: на одной из них головка, а на другой — впадина. От формы суставных поверхностей зависит характер движений.



Так, в суставах пальцев кисти (кроме большого) одна кость имеет суставную поверхность в виде желобка, а другая — в виде валика. Такие суставы допускают движения только в одной плоскости — сгибание и разгибание. Яйцевидная головка лучевой кости позволяет в лучезапястном суставе сгибание и разгибание, приведение и отведение. Шаровидные плечевой и тазобедренный суставы дают возможность производить, кроме того, и вращение.

Вопросы и задания

1. Назовите химический состав кости. **2.** Какое строение имеет кость? **3.** От чего зависит прочность и легкость костей? **4.** Почему происходит рост костей в длину и толщину? **5.** Расскажите о типах соединений костей. **6.** Выполните практическую работу № 6 (с. 277).

Большеберцовая кость в вертикальном положении может выдерживать груз массой до 1,5 тыс. кг, хотя ее собственная масса около 0,5 кг. Объясните, почему кость, несмотря на свою легкость, столь прочная и твердая.

Для любознательных

Кости — депо минеральных веществ: в них содержится до 99% кальция, 87% фосфора, 58% магния всего организма, а также около тридцати таких микроэлементов, как медь, алюминий, фтор, цинк и др.

Из-за уплощения межпозвоночных хрящей и сводов стопы рост человека к вечеру уменьшается на 1—2 см, а при продолжительной ходьбе и беге — даже на 4—6 см. Рост к 80 годам уменьшается на 5—7 см по сравнению с 40-летним человеком.

Самая крупная связка человеческого тела — бертиниева, укрепляющая тазобедренный сустав. Он выдерживает нагрузку в 350 кг.

§ 36. Мышцы, их строение и функции



Какую роль играют мышцы в системе органов движения?

Функции скелетных мышц. Мышцы являются активной частью системы опоры и движения. Они перекидываются через суставы, прикрепляются к костям скелета и приводят их в движение, действуя, как тяги.

У человека насчитывают около 600 скелетных мышц. Масса скелетной мускулатуры взрослого человека составляет 44% массы тела.

Помимо локомоции, перемещения отдельных частей тела, поддержания позы мышцы обеспечивают дыхательные и глотательные движения, мимику и речь, преобразуют химическую энергию в механическую и тепловую.

Строение скелетной мускулатуры. В мышце различают *брюшко*, состоящее из поперечно-полосатой мышечной ткани, и *сухожилия*, образованные плотной соединительной тканью. Брюшко мышцы покрыто оболочкой — *фасцией*. С помощью сухожилий мышцы прикрепляются к соседним, подвижно соединенным костям скелета (рис. 61). Некоторые мышцы прикрепляются к другим органам, например коже, глазному яблоку. Мышцы пронизаны кровеносными и лимфатическими сосудами. По кровеносным сосудам с током крови поступают питательные вещества и кислород, удаляются продукты обмена, а по лимфатическим оттекают жидкости. В мышцах расположены рецепторы, измеряющие степень их сокращения и растяжения. К каждой мышце подходит нерв, связывающий ее с центральной нервной системой.

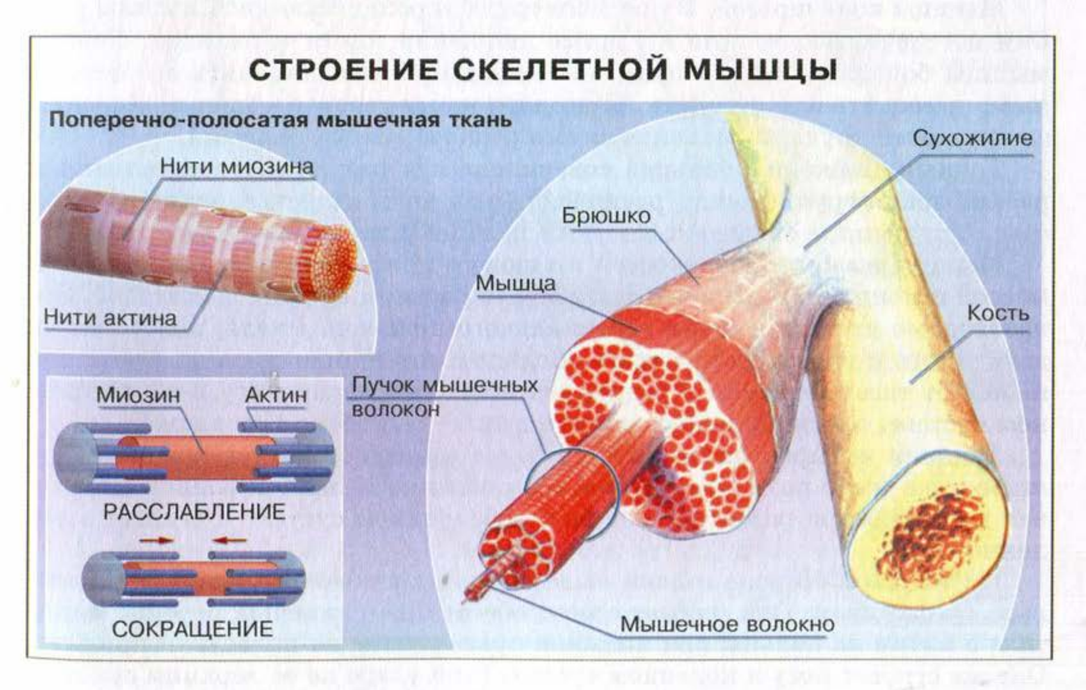


Рис. 61. Скелетная мышца и механизм ее сокращения

Скелетные мышцы образованы поперечно-полосатыми *мышечными волокнами*, собранными в *мышечные пучки*. Мышечные волокна — это высокоспециализированные многоядерные образования, простирающиеся от одного сухожилия к другому и достигающие в длину десятков сантиметров.

В цитоплазме мышечного волокна, наряду с клеточными органоидами общего назначения, находятся и специализированные нити — **миофибриллы**, состоящие из белков **актина** и **миозина**. Это сократительный аппарат мышечного волокна. Механизм мышечного сокращения заключается в скольжении нитей актина и миозина относительно друг друга. При этом мышца или укорачивается, развивая усилие, или напрягается, сохраняя длину неизменной.

В организме мышечное сокращение возникает под влиянием нервных импульсов, поступающих в мышцу из центральной нервной системы. Источниками энергии для мышечных сокращений служат АТФ, глюкоза и гликоген.

Основные группы мышц человека. В зависимости от места расположения на человеческом теле и выполняемых функций различают мышцы конечностей, туловища, головы и др. (рис. 62).

Мышцы конечностей. В процессе труда хорошо развились мышцы рук. Они обеспечивают тонкие и точные движения кисти и пальцев. Ловкие мышцы большого пальца руки позволяют противопоставлять его остальным, приводить или отводить. Благодаря этому человек может пользоваться орудиями труда, выполнять самые разнообразные действия.

Точные движения пальцев совершаются в результате сокращения и расслабления групп мышц, расположенных на предплечье, запястье и пястье. Эти мышцы связаны с костями пальцев длинными сухожилиями.

Мышцы нижних конечностей и тазового пояса обладают значительной массой и мощностью, причем разгибатели развиты сильнее сгибателей. Это необходимо для сохранения вертикального положения тела, хождения на двух ногах и способности сидеть. Большая ягодичная мышца, протянувшаяся от таза и крестца к бедру, разгибает и вращает ногу в тазобедренном суставе, а при фиксированных ногах — разгибает туловище.

Мощная четырехглавая мышца бедра разгибает ногу в коленном суставе (при ударе по ее сухожилию возникает коленный рефлекс). Двуглавая мышца бедра разгибает ногу в тазобедренном суставе и сгибает в коленном.

На тыльной стороне голени выделяется икроножная мышца с ахилловым сухожилием. Она сгибает стопу, обеспечивая плавный перенос массы тела с пятки на пальцы при ходьбе и приземление на пальцы — при беге. Она же сгибает ногу в коленном суставе (при ударе по ее верхним сухожилиям стоячий человек приседает).

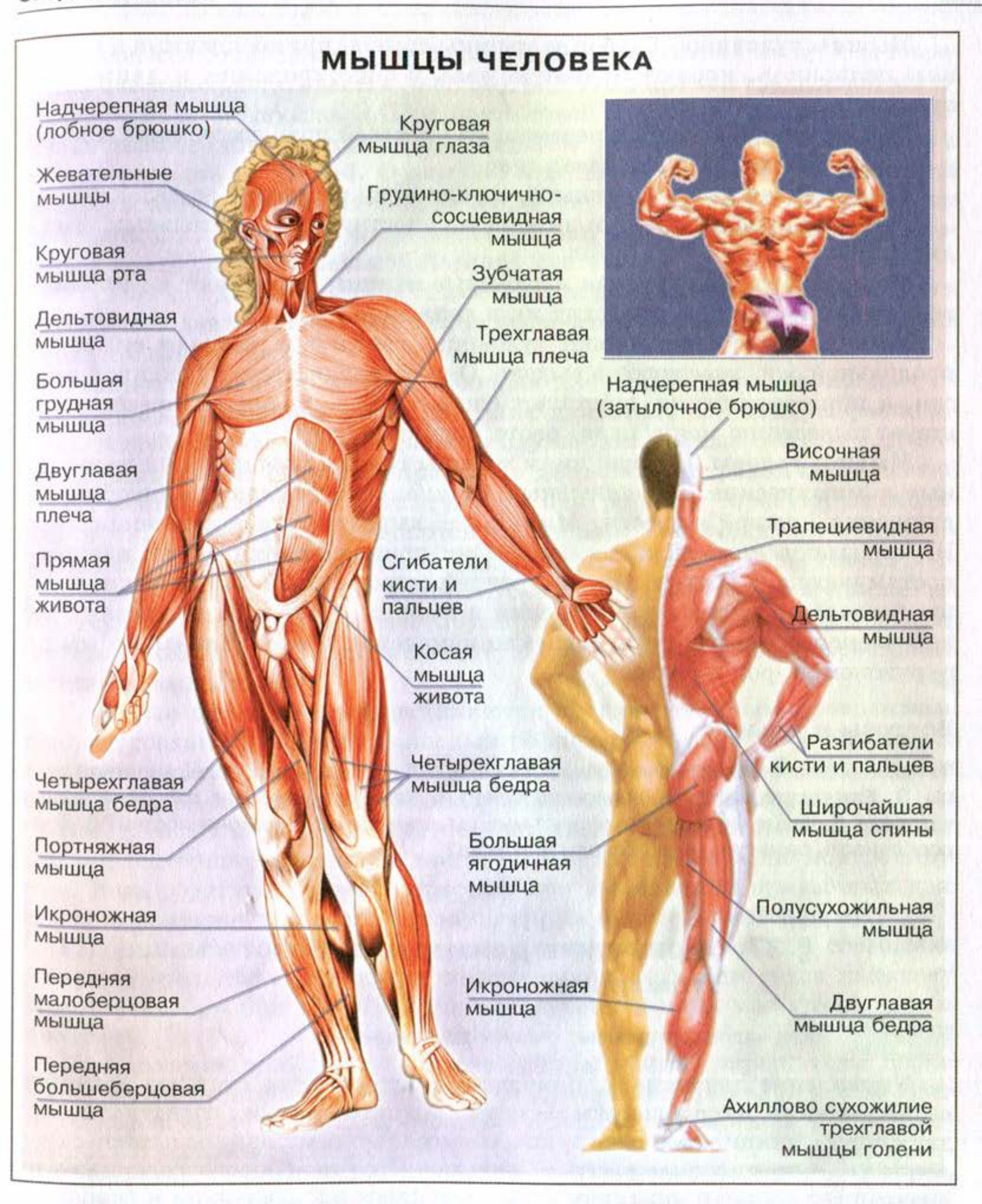


Рис. 62. Поверхностные мышцы тела

Мышцы туловища. Глубокие мышцы спины, прикрепленные к отросткам позвонков, играют большую роль в фиксировании и движениях туловища.

Трапециевидная мышца перемещает плечевой пояс вверх, вниз и назад, а при его фиксации тянет назад голову.

Широчайшая мышца спины приводит руку и отводит ее назад.

Глубокие мышцы груди и диафрагма участвуют в дыхательных движениях.

Мощные большая грудная и зубчатые мышцы укрепляют на туловище верхние конечности и приводят их в движение.

Мышцы живота наклоняют туловище, сгибают и вращают его вокруг продольной оси, участвуют в выдохе. Они образуют стенки брюшной полости, а при сокращении действуют словно пресс. Брюшной пресс способствует выведению мочи, кала, рвоте, кашлю, родам.

Мышцы головы. По функциям мышцы головы разделяют на жевательные и мимические. *Жевательные мышцы* обеспечивают разнообразные движения нижней челюсти. *Мимика* — выразительные движения лица. Их вызывают *мимические мышцы*. Они прикрепляются одним концом к костям черепа, а другим — к внутренней стороне кожи. Мимические мышцы позволяют выражать ощущения и эмоции. Появление у древних людей членораздельной речи повлекло изменение и специализацию мышц, окружающих рот и глаза.

Вопросы и задания

1. Какое биологическое значение имеют мышцы? **2.** Опишите строение скелетной мышцы. **3.** Как сокращается мышечное волокно? **4.** Назовите наиболее развитые мышцы человека. **5.** Какие функции выполняют мышцы нижних и верхних конечностей? **6.** В чем особенность развития мышц головы человека?

§ 37. Управление движением. Работа мышц. Утомление



Как человек управляет своими движениями?

Управление движением. Движение в большинстве суставов возможно по нескольким направлениям — осям. Мышцы сустава, образующие при движении функциональные группы совместного действия, называют *синергистами*, а противоположного — *антагонистами*. Их согласованная тяга превращает сустав в механизм с определенным направлением и скоростью движения.

В процессе сокращения двуглавой мышцы трехглавая мышца одновременно пассивно растягивается (рис. 63). При сокращении трехглавой мышцы растягивается двуглавая. При одинаковой силе тяги синергистов и антагонистов обе они фиксируют (закрепляют) положение сочленяющихся в суставе рычагов — костей. Очевидно, что такая координация движений осуществляется не самими мышцами, а управляющими ими нервными центрами. Согласованная деятельность мышц возможна только под постоянным контролем центральной нервной системы.

Управление движениями осуществляется по принципу рефлекса. Дуги безусловных двигательных рефлексов замыкаются в спинном мозге и ядрах ствола головного мозга.

Реализация сложных произвольных движений целиком зависит от работы коры головного мозга. Высшие двигательные центры расположены в лобной доле коры больших полушарий. Разные центры в пределах двигательной области управляют движениями различных частей тела. Аксоны нейронов в двигательном центре коры образуют нисходящие пути, по которым передаются команды к двигательным нейронам передних рогов спинного мозга. Двигательные центры коры связаны со всеми отделами головного мозга. В сенсорном обеспечении движений участвуют органы зрения, вестибулярный аппарат, рецепторы мышц, суставов, кожи, а в вегетативном — системы крови, кровообращения, дыхания, выделения.

Сложные движения осуществляются по двигательным программам, которые создаются по типу условных рефлексов в результате обучения и тренировки. Роль программы возрастает по мере выработки и упрочения навыка. На ее основе человек может выполнять быстрые движения.

В медленных и точных движениях используются обратные связи (принцип рефлекторного кольца), и двигательный акт непрерывно контролируется. Роль обратных связей возрастает при выполнении привычных движений в необычных условиях (например, на высоте, узкой опоре).

Работа мышц. В различных ситуациях одни и те же мышцы совершают разную деятельность. Работу по перемещению тела или груза называют *динамической*, а при удерживании определенной позы или груза — *статической*.

При динамической работе разные группы мышц сокращаются поочередно, а работоспособность сохраняется длительное время. Нервные центры, управляющие мышцами, работают в заданном режиме и потому экономно, с высокой эффективностью.

Статическая работа характеризуется непродолжительностью и непрерывной активностью одних и тех же мышц. При более длительном статическом напряжении мышц сдавливаются питающие их кровеносные сосуды,

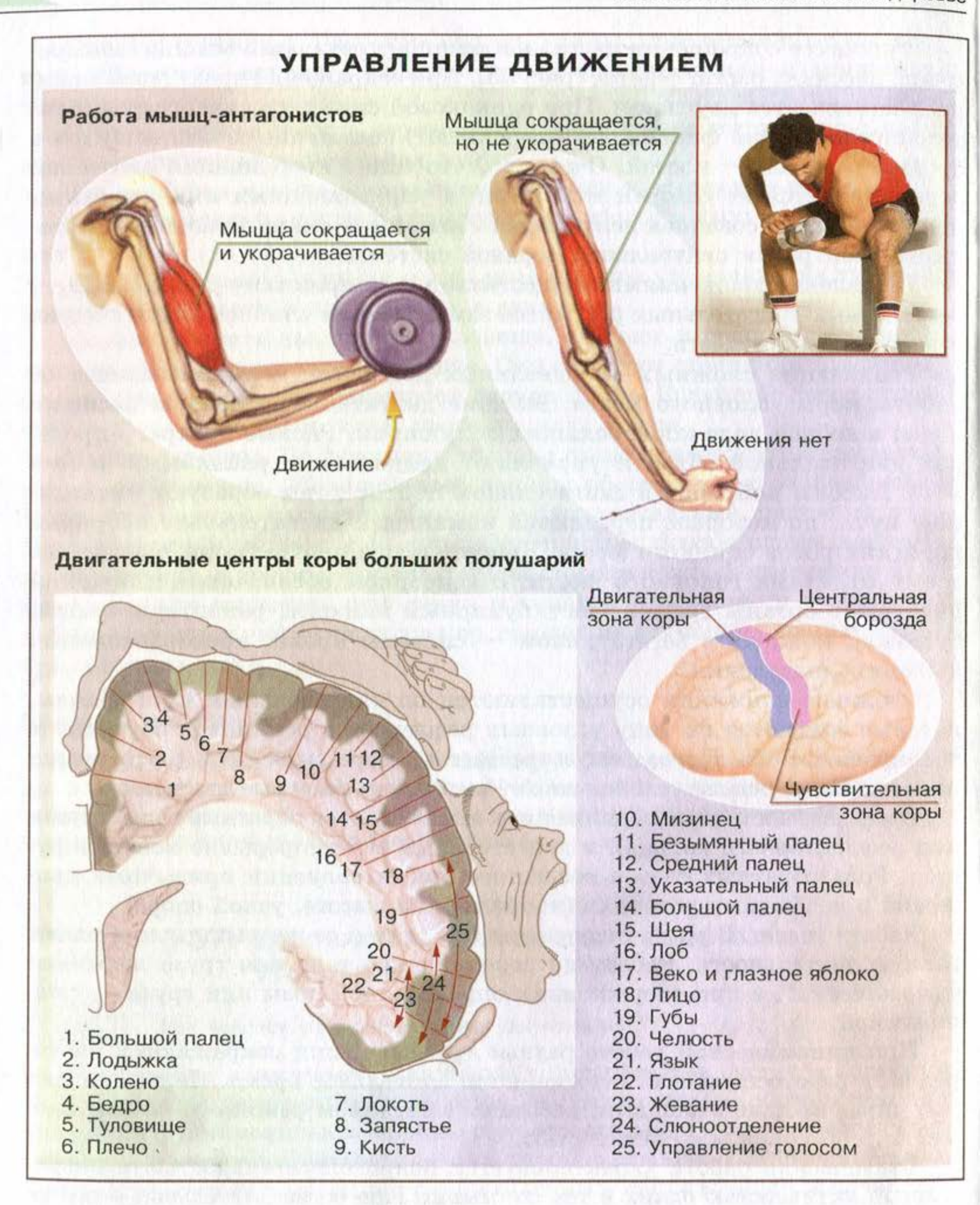


Рис. 63. Работа мышц и управление произвольными движениями

ухудшается снабжение мышц кислородом и питательными веществами, нарушается отток венозной крови.

Произведение массы перемещаемого груза на величину укорочения мышцы называют *работой мышцы*. Она зависит от нагрузки и темпа движений. При увеличении нагрузки до некоторого предела работа возрастает, а затем постепенно снижается. Предельные нагрузки мышца не способна преодолеть — тогда работа будет равна нулю. Наибольшая работа совершается при средних нагрузках. При работе в быстром темпе скоро развивается утомление. Тогда итоговая работа оказывается небольшой. Оптимален средний (умеренный) темп.

Утомление. Временное снижение работоспособности органа или организма в целом, наступающее в результате работы и исчезающее после отдыха, называют *утомлением*. В первую очередь утомление развивается в нервных центрах, управляющих двигательной деятельностью.

Нервное утомление сопровождается утратой координации, возбуждением не участвующих в движении мышц. И наоборот, не координированные действия в отсутствии навыка приводят к быстрому утомлению.

Утомление может развиваться вследствие истощения энергетических запасов и накопления продуктов обмена веществ, угнетающих мышцу. Так, боли в перетружденных мышцах объясняются накоплением в них молочной кислоты. Боли могут возникнуть и вследствие давления утративших сократимость утомленных мышечных волокон на расположенные в мышцах рецепторы.

Скорость развития утомления зависит от характера работы, величины нагрузки и ритма. При увеличении нагрузки утомление наступает быстрее.

И. М. Сеченов установил, что для каждой физической работы можно подобрать такой ритм и нагрузку, которые позволяют сохранять оптимальную работоспособность при наименьшем утомлении.

Утомление — нормальное физиологическое явление. После отдыха работоспособность не только восстанавливается, но и часто превышает исходный уровень. Восстановление протекает быстрее при активном отдыхе,



Иван Михайлович СЕЧЕНОВ (1829—1905). Русский естествоиспытатель, мыслитель, основоположник русской физиологической школы, создатель естественнонаучного направления в психологии, член-корреспондент Петербургской Академии наук с 1869 г.

В 1863 г. в журнале «Медицинский вестник» напечатана его статья «Рефлексы головного мозга».

В 1866 г. опубликовал книгу «Физиология нервной системы», в которой изложил новаторские идеи в области физиологии.

В 1901 г. вышла в свет книга «Очерки рабочих движений человека», которая положила начало изучению гигиены труда.

чем при полном покое. И. М. Сеченов показал, что восстановление работоспособности утомленных мышц руки ускоряется, если во время отдыха производить работу другой рукой — это явление активного отдыха.

Утомление и восстановление работоспособности являются защитным механизмом, предотвращающим серьезные нарушения, «поломки».

Вопросы и задания

1. Чем обусловлена согласованная деятельность мышц антагонистов и синергистов? **2.** Где расположены высшие двигательные центры? **3.** Почему динамическая работа менее утомительна, чем статическая? **4.** Как влияют ритм и нагрузка на работоспособность мышц и их утомление? **5.** Назовите физиологические причины утомления. **6.** Кто разработал основы физиологии труда?



Ученые, занимающиеся физиологией труда, хорошо знают, что при редком ритме работы утомление мышц наступает нескоро. Почему же нерационально работать в редком ритме?



НАБЛЮДЕНИЯ И САМОНАБЛЮДЕНИЯ

Динамическая и статическая работа

Для работы необходимо иметь гантель массой 5 кг, секундомер или часы с секундной стрелкой.

1. Возьмите гантель в правую руку и держите ее в вытянутой руке на уровне плеч. Заметьте время, когда рука начнет опускаться, дрожать и совсем опустится. Наступило утомление.

2. После пятиминутного отдыха возьмите тот же груз в ту же руку и ритмично поднимайте его на уровень плеч и опускайте вниз. Заметьте время наступления утомления в этом случае.

Сравните результаты в первом и втором опытах. Постарайтесь объяснить разницу во времени наступления утомления.

Для любознательных

Площадь поперечного сечения мышечного волокна равна в среднем 0,01 мм^2. В теле человека более 300 млн волокон. Если все их свести воедино, то площадь сечения такой мышцы превысит 3 м^2. Она могла бы выдержать груз массой 25 т.

Коэффициент полезного действия мышц человека равен 20%. Остальные 80% — тепловые потери.

Согласно исследованиям, у плачущего человека активны 43 мышцы лица, в то время как у смеющегося — всего 17.

§ 38. Значение физических упражнений для формирования скелета и мышц



Почему необходимы регулярные физические упражнения?

Значение тренировки. Физическая активность создает сильного и выносливого человека, а неподвижность ведет к снижению работоспособности, заболеваниям и ожирению.

Способность мышц выполнять физическую работу зависит от их тренированности. В результате тренировок утолщаются отдельные мышечные волокна и вся мышца, повышаются мышечная сила и выносливость, улучшается координация, движения становятся автоматическими. У хорошо тренированного человека после утомления быстро восстанавливаются силы и работоспособность.

Увеличение двигательной активности при занятиях физкультурой, спортом, трудом оказывает благоприятное влияние на костную систему. Кость растет в тех направлениях, в которых она испытывает большее растяжение или сжатие. Особенно сильно развиваются участки костей, к которым прикрепляются крупные и мощные мышцы. В этих местах формируются костные бугры, шероховатости и гребни. Под влиянием тренировок кости становятся более крепкими и устойчивыми к нагрузкам и травмам.

Разносторонняя мышечная деятельность повышает работоспособность организма и уменьшает его энергетические затраты на выполнение работы. При систематических тренировках формируется более совершенный механизм дыхательных движений, увеличивается глубина дыхания, повышается эффективность использования кислорода тканями. Кровеносные сосуды в процессе тренировки становятся более эластичными, что улучшает условия передвижения крови.

Мышечная работа способствует улучшению настроения, создает ощущение бодрости, а в конечном итоге приводит к повышению жизнедеятельности всего организма. Вот почему занятия физкультурой дают заметный оздоровительный эффект.

На важность тренировок мышц обращал внимание русский ученый П. Ф. Лесгафт. Он создал теорию физического воспитания, в основе которой — единство физического и умственного развития. Идея о том, что физическое развитие способствует умственному совершенствованию, и другие научные взгляды ученого не потеряли своей актуальности и в наше время в связи с распространением малоподвижного образа жизни — *гиподинамии*.

Снижение физических нагрузок неблагоприятно отражается на состоянии здоровья. У людей теряется эластичность и сократительная способность

скелетных мышц, возникают слабость сердечной мышцы и нарушения в работе сердечно-сосудистой системы. В результате расслабления мышц брюшного пресса происходит опущение внутренних органов и нарушается функция пищеварительной системы. Одновременно происходят изменения в скелете, что выражается в ухудшении осанки и развитии сутулости. От жировых отложений увеличивается масса тела, нарушается координация движений.

При длительной гиподинамии развивается *атеросклероз* — хроническое заболевание, проявляющееся в повреждении внутренних стенок артерий и нарушении кровообращения. У человека снижается работоспособность, он становится слабым и вялым, ускоряется процесс старения.

Чтобы смягчить последствия гиподинамии, необходимо заниматься физкультурой, спортом, туризмом, физическим трудом.

Осанка — непринужденное привычное положение тела при стоянии, сидении, ходьбе и работе человека, но без активного напряжения мышц. Ее формирование происходит еще в раннем детстве, в процессе роста и развития организма.

При правильной осанке изгибы позвоночника умеренные, имеют равномерно-волнообразный вид; лопатки расположены симметрично, плечи развернуты, ноги прямые с нормальными сводами стоп (рис. 64). Люди с хорошей осанкой стройны, голову держат прямо или слегка откинув назад, живот втянут. Мышцы таких людей упруги, движения собранные, четкие. Правильная осанка способствует нормальному функционированию органов движения и внутренних органов человека, что способствует повышению работоспособности. При неправильной осанке голова выдвинута вперед, грудная клетка уплощена или впалая, плечи сведены вперед, живот выпячен. Поясничный и грудной изгибы позвоночника сильно выражены, наблюдается «круглая спина».

Дефекты осанки быстрее всего возникают в тот период, когда в позвонках и других костях грудной клетки еще много хрящевой ткани. Если школьник, сидя за столом, принимает неправильную позу, держит одно плечо выше другого, носит тяжести в одной руке, у него неизбежно возникает *искривление позвоночника — сколиоз*. При сколиозе плечи, лопатки и кости таза располагаются асимметрично. Это вызывает расстройство в работе сердца, легких, желудка, кишечника и ряда других органов брюшной полости.

Формирование осанки — одна из задач физического воспитания. Во время учебы или приема пищи надо следить за правильной посадкой. Туловище следует держать прямо, а голову лишь немного вперед. Между грудью и столом должно оставаться свободное пространство в 3—4 см, предплечья должны свободно лежать на столе, ноги необходимо согнуть в тазо-

бедренном и коленном суставах под прямым углом. Ступни ног при этом должны полностью опираться на пол или подножку рабочего стола.

Плоскостопие. Другим широко распространенным дефектом скелета и мышц является *плоскостопие* (рис. 65). Оно может возникнуть в результате длительного стояния, при переносе больших тяжестей или при ношении узкой обуви, туфель на высоких каблуках. При плоскостопии связки растягиваются, стопа уплощается. Происходит перенапряжение мускулов, появляются сильные боли в ступнях, лодыжках и голени, изменяется походка. В конечном счете, нарушается осанка, а из-за ухудшения кровоснабжения быстро возникает чувство усталости нижних конечностей, часто сопровождающееся ломотой, болями, а иногда и судорогами.

Для профилактики плоскостопия рекомендуется по мере возможности ходить босиком по неровной поверхности, а также заниматься спортом. Рекомендуется также реже носить спортивную обувь и чаще — с эластичной, гнущейся подошвой и небольшим каблуком.

При значительно выраженном плоскостопии применяют специальные выпуклые стельки — супинаторы, которые поддерживают стопу. Это



Рис. 64. Нарушения осанки и сколиоз



Рис. 65. Изменение стопы при плоскостопии

улучшает положение не только стопы, но и костей голеностопного, коленного и тазобедренного суставов.

Надо помнить, что все занятия физкультурой и спортом полезны для организма только при соответствии нагрузки физическому развитию. Чрезмерные физические напряжения могут принести человеку не меньше вреда, чем малоподвижный образ жизни.

Вопросы и задания

1. Какие изменения возникают в мышечной ткани и организме под влиянием мышечных тренировок? **2.** Чем вредна гиподинамия? **3.** Как бороться с последствиями малоподвижного образа жизни? **4.** Что вызывает искривление позвоночника? **5.** Почему развивается плоскостопие и что делать, чтобы его избежать?

Темы сообщений и рефератов

1. Биомеханика — наука о механических свойствах организма.
2. Как человек управляет движениями?
3. Зачем нужны физические упражнения?
4. Архитектура в виде костей.

ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА



Немного истории...

1673 г. *Нидерландский натуралист А. Левенгук, рассматривая каплю крови в микроскоп, обнаружил эритроциты.*

1819 г. *В Лондоне было осуществлено первое переливание крови от человека человеку.*

1854—1857 гг. *Французский физиолог К. Бернар разработал учение о внутренней среде организма.*

1872—1877 гг. *Российский физиолог А. А. Шмидт формулирует ферментативную теорию свертывания крови.*

1883 г. *Российский физиолог И. И. Мечников предложил фагоцитарную теорию иммунитета.*

1901—1907 гг. *Австрийский иммунолог К. Ландштейнер и чешский врач Я. Янский установили существование четырех групп крови у человека.*

1908 г. *Российскому физиологу И. И. Мечникову и немецкому бактериологу П. Эрлиху присуждена Нобелевская премия за разработку теории иммунитета.*

1940 г. *Австрийским иммунологом К. Ландштейнером и американским врачом А. Винером открыт «резус-фактор».*

§ 39. Состав и функции внутренней среды организма



Почему кровь считают символом жизни?

Организм человека на две трети состоит из жидкости. Большая ее часть сосредоточена внутри клеток, а меньшая находится в постоянном движении (межклеточная жидкость, кровь и лимфа). Циркулирующие жидкости образуют *внутреннюю среду организма*.

Межклеточная жидкость — сложная по химическому составу субстанция, образующаяся из плазмы крови. Клетки организма не соприкасаются напрямую с кровью, а омываются межклеточной жидкостью. Через нее они получают из крови питательные вещества и кислород и удаляют продукты распада; ее состав непрерывно обновляется. Некоторое количество межклеточной жидкости вместе с взвешенными в ней клетками проникает в лимфатические капилляры. Движущаяся в них светлая жидкая ткань — *лимфа* (от лат. *лимфа* — влага) — по сосудам лимфатической системы поступает в кровь. Этот процесс называют *лимфоотток*.

Кровь — жидкая соединительная ткань, находящаяся в сосудах кровеносной системы. Кровь и органы, в которых образуются и разрушаются ее клетки, — костный мозг, вилочковая железа, лимфатические узлы, селезенка и печень — образуют *систему крови*. Ее деятельность регулируется нервными и эндокринными механизмами.

Гомеостатическая функция. Кровь участвует в поддержании постоянства внутренней среды. Благодаря непрерывному движению она связывает и объединяет органы в единое целое, участвует в терморегуляции и сохранении постоянной температуры тела.

Транспортная функция. Кровь переносит находящиеся в ней питательные вещества и продукты обмена, газы, гормоны. Осуществляя эту функцию, она обеспечивает жизненно важные функции питания, дыхания, выделения, гормональную регуляцию. Поэтому кровь является непременным и незаменимым элементом всех функциональных систем. Потеря около одной трети крови несовместима с жизнью.

Защитная функция. Ее выполняют лейкоциты: они обеспечивают иммунитет — сохранение генетического постоянства клеток (клеточный гомеостаз), защиту от чужеродных агентов, устойчивость к инфекциям. Защитная функция крови проявляется также в способности самосвертывания в месте повреждения сосуда и образования пробки — тромба, закупоривающего течь.

Состав крови. Кровь состоит из жидкой части — плазмы, и форменных элементов — клеток: эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. Соотношение плазмы и форменных элементов — 55% к 45% (рис. 66). У человека количество крови составляет приблизительно 6—8% массы тела. Ее объем — строго регулируемая и постоянная величина. В обычных условиях циркулирует не вся кровь. Более 40% ее временно накапливается в венах печени, селезенки и кожи и по необходимости используется организмом.

Плазма крови (от греч. *плазма* — вылепленное образование) — жидкий компонент крови, остающийся после осаждения форменных элементов. Плазма состоит из воды с растворенными в ней неорганическими и взвешенными органическими веществами. Из неорганических соединений в наибольших количествах представлены хлориды натрия, калия и кальция. В норме суммарная концентрация всех электролитов плазмы равна 0,9%. Солевой состав регулируется гормонами коры надпочечников, щитовидной и паращитовидных желез.

В плазме в большом количестве находятся белки, выполняющие самые различные, но всегда важные функции. Молекулы белков имеют большие размеры и не проникают через стенки кровеносных сосудов. Белки придают крови определенную вязкость, что важно для поддержания нормального кровяного давления, удерживают форменные элементы крови от склеивания.

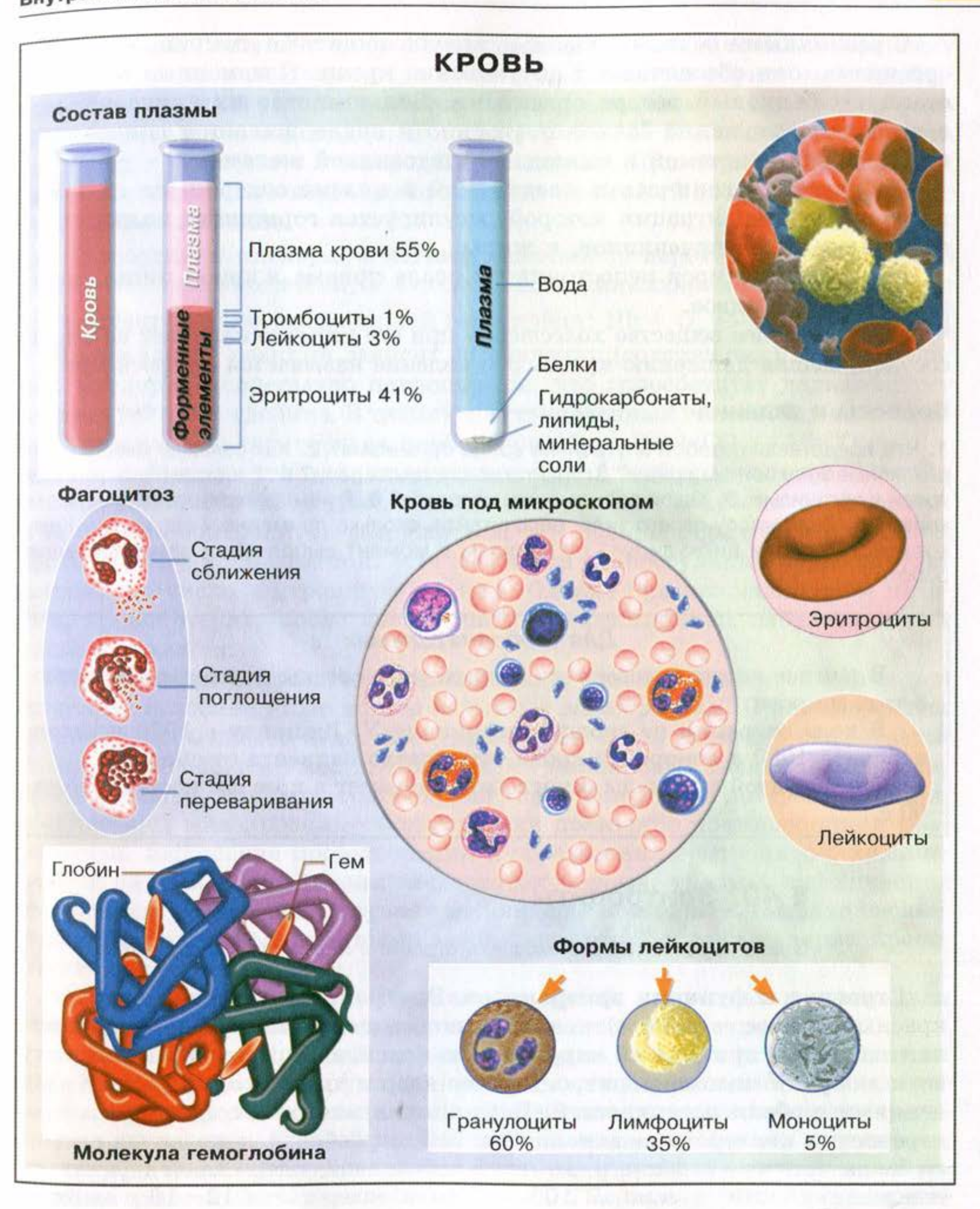


Рис. 66. Плазма и форменные элементы крови

С различными белками плазмы связаны защитные иммунные реакции организма, они обеспечивают свертывание крови. Плазменные белки составляют белковый резерв организма. Большинство их синтезируется в печени. Содержание белков постоянно и поддерживается гипоталамо-гипофизарной системой и гормонами щитовидной железы.

Из других органических соединений в плазме содержится глюкоза, постоянная концентрация которой регулируется гормонами поджелудочной железы и надпочечников, и жиры.

Содержание жиров непостоянно и после приема жирной пищи может увеличиваться вдвое.

Жироподобное вещество *холестерин* при его избытке налипает на стенки сосудов, мешая движению крови. Это явление называется *атеросклероз*.

Вопросы и задания

1. Что представляет собой внутренняя среда организма? **2.** Как связаны между собой различные жидкостные среды? **3.** Что такое система крови? **4.** Расскажите о функциях крови в организме. **5.** Какой состав крови человека? **6.** В чем заключается роль плазмы крови? **6.** Зная массу своего тела, рассчитайте, сколько примерно у вас крови. Какое количество крови циркулирует по сосудам в момент выполнения вами домашней работы?

Для любознательных

В течение жизни человека его кроветворные органы вырабатывают около 3 тыс. л крови.

В ходе операции на сердце американцу У. Джиричу в 1970 г. было перелито 1080 л донорской крови, что спасло пациента от смерти.

Синтез одной молекулы гемоглобина занимает в красном костном мозге 90 с.

§ 40. Эритроциты



В чем выражается взаимосвязь строения и функций эритроцитов?

Строение и функции эритроцитов. Эритроциты (от греч. *эритрос* — красный, *цитос* — клетка) — составляют основную массу форменных элементов крови, придают ей характерную красную окраску. Они отсутствуют в лимфе. У человека эритроциты без ядер и имеют форму диска с вдавлениями с обеих поверхностей. Внутри этих клеток находится основной переносчик кислорода — *гемоглобин*. Его шарообразная молекула состоит из белка-носителя *глобина* и активной небелковой содержащей двухвалентное железо части — *гема*. В 100 мл крови содержится 12—16 г гемоглобина (120—160 г/л).

Гемоглобин вступает в обратимые реакции присоединения и переносит кислород из легких к тканям, а углекислый газ — в обратном направлении. Гемоглобин легко связывается и с угарным газом — окисью углерода (CO), но медленно отдает его, и кровь утрачивает способность поглощать кислород — наступает кислородное голодание. При отравлении угарным газом пострадавшего необходимо вынести на свежий воздух и сделать искусственное дыхание.

Присоединяя кислород в легких, гемоглобин переходит в окисленную форму — оксигемоглобин, а отдавая его в капиллярах, оксигемоглобин превращается в восстановленный гемоглобин: $Hb + O_2 \leftrightarrow HbO_2$.

Направление реакции зависит от давления (содержания) газов. В тканях кислород непрерывно поглощается, что способствует дальнейшему распаду оксигемоглобина. В тканях восстановленный гемоглобин присоединяет углекислый газ, образуя карбогемоглобин: $Hb + CO_2 \leftrightarrow HbCO_2$.

В 1 $мм^3$ крови человека содержится 4,5—5 млн эритроцитов. Каждая клетка живет 40—120 суток, а затем разрушается в печени и селезенке. Чем больше эритроцитов разрушается, тем больше образуется в красном костном мозге новых клеток. Этот механизм саморегуляции поддерживает постоянное число эритроцитов в крови. Однако при неполноценном питании, кровопотерях, после перенесенных инфекционных заболеваний их число снижается.

Малокровие. Уменьшение объема крови, числа эритроцитов или содержание гемоглобина ниже нормы называют *малокровием*. При малокровии организм испытывает недостаток кислорода, и это особенно сказывается на функции головного мозга. Признаками малокровия являются бледность кожи, одышка, слабость, головокружение и обмороки с потерей сознания.

Причины малокровия — большие или постоянно повторяющиеся кровопотери, нарушение кроветворения и образования эритроцитов, химические и пищевые отравления, недостаток железа, травмы, психические потрясения. В некоторых случаях малокровие может быть вызвано наследственными или инфекционными заболеваниями. Так, при малярии происходит распад эритроцитов.

Солнце, свежий воздух, закаливание водой, умеренная двигательная активность — важнейшие факторы профилактики малокровия.

Группы крови. У людей встречается кровь четырех основных групп: I, II, III, IV. Кровь всех групп одинаково полноценна в качественном отношении. Группа крови постоянна и не изменяется в течение жизни, передается по наследству. У детей не может быть признаков крови, отсутствующих у родителей. Принадлежность к той или другой группе крови не зависит от расы, национальности или пола. Так, среди россиян примерно 33% имеют I группу, 36% — II, 23% — III и 8% — IV.

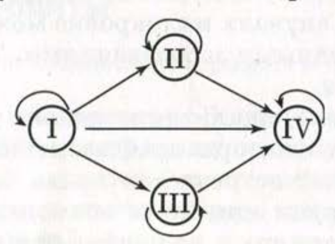
При смешивании крови разных групп часто наблюдается склеивание (агглютинация) и разрушение. Склеивание зависит от наличия в эритроцитах белков — агглютиногенов А и В, являющихся естественными, природными антигенами, определяющими наследственную индивидуальность, а в плазме — склеивающих веществ — агглютининов α и β. Агглютинины представляют собой естественные антитела. И агглютиногены, и агглютинины могут встречаться по одному, вместе или отсутствовать. Причем в крови каждого человека не должны присутствовать одноименные факторы, например А и α, В и β. Комбинации агглютиногенов и агглютининов в крови разных групп представлены в таблице 6.

Таблица 6

Агглютиногены и агглютинины разных групп крови

Группа крови	Антигены (агглютиногены)	Антитела (агглютинины)
I (0)	Отсутствуют	α и β
II (A)	A	β
III (B)	B	α
IV(AB)	AB	Отсутствуют

Переливание крови. При больших потерях крови резко нарушаются питательная, дыхательная, регулирующая и стабилизирующая температуру функции крови. Организм теряет большое количество воды. Это может привести к серьезным последствиям и даже гибели. В связи с необходимостью возмещения потерянной крови или по другим медицинским показаниям прибегают к ее переливанию. Схема переливания следующая:



При переливании обязательно учитывают совместимость групп крови *донора* — человека, дающего кровь, и *реципиента* — принимающего ее.

Кровь первой группы можно переливать всем. Поэтому людей, имеющих кровь I группы, называют *универсальными* донорами. Однако им

можно переливать кровь только первой группы: в других случаях произойдет склеивание эритроцитов. Кровь второй группы можно переливать людям, имеющим вторую и четвертую группы, а донорскую кровь третьей группы — людям с третьей и четвертой группами. Людям с четвертой группой крови можно переливать кровь от доноров с первой, второй, третьей и четвертой. Поэтому их называют *универсальными реципиентами*.

▷ Возможность встречи агглютининов реципиента с одноименными агглютиногенами донора должна быть с высокой надежностью исключена. Агглютинины донора не имеют существенного значения из-за большого их разведения в плазме реципиента, однако при переливании больших объемов этим пренебрегать нельзя. ◁

В настоящее время в практической медицине по возможности переливают кровь только идентичных групп — «группа в группу»: реципиенту с третьей группой крови переливают донорскую кровь третьей группы и т. д.

▷ **Резус-фактор.** В эритроцитах примерно 85% всех людей имеется еще один агглютиноген — белок резус-фактор (Rh) — это резус-положительные люди (Rh^+); у 15% резус-фактор отсутствует — это резус-отрицательные люди (Rh^-). При введении резус-отрицательному реципиенту крови резус-положительного донора, образуются антитела. При повторном переливании крови может произойти склеивание эритроцитов. Поэтому необходимо учитывать совместимость еще и по Rh-фактору (табл. 7). ◁

Таблица 7

Переливание крови с учетом резус-фактора

Реципиент	Донор	
Фактор Rh	Rh^+	Rh^-
Rh^+	Да	Да
Rh^-	Нет	Да

Вопросы и задания

1. Расскажите о строении и функциях эритроцитов. **2.** Что такое гемоглобин? **3.** Назовите причины, вызывающие малокровие. **4.** Что должен учитывать врач при переливании крови? **5.** Выполните практическую работу № 7 (с. 277).



Ученые доказали, что проницаемость мембран эритроцитов в среднем в две тысячи раз больше, чем у остальных клеток организма человека. Как эту особенность мембран эритроцитов использует организм?

§ 41. Лейкоциты, тромбоциты и их функции

Когда и почему происходит увеличение числа лейкоцитов?

Лейкоциты. Белые кровяные тельца *лейкоциты* (от греч. *лейкос* — белый, *цито* — клетка) содержат ядра, имеющие светлую окраску и разнообразную форму клетки. Общее их число значительно меньше, чем эритроцитов и составляет в норме у взрослого человека 6—8 тыс. в 1 мм^3 крови. Однако их число может колебаться: увеличение числа лейкоцитов наблюдается при мышечной работе, эмоциях, воспалительных процессах, после еды и называется *лейкоцитозом*. Большое увеличение или резкое уменьшение числа некоторых видов лейкоцитов служит показателем серьезных нарушений в организме.

Лейкоциты неоднородны. По наличию или отсутствию в цитоплазме гранул их разделяют на зернистые и незернистые. Среди зернистых лейкоцитов различают нейтрофилы и некоторые другие, а среди незернистых — Т-лимфоциты, В-лимфоциты и моноциты. Различаются и функции этих клеток, например, нейтрофилы участвуют в острых воспалительных реакциях, а моноциты — в хронических.

Продолжительность жизни лейкоцитов различных видов — от нескольких часов до нескольких недель, а некоторые лейкоциты сохраняются многие годы. Образование этих клеток контролируется нервными и гуморальными механизмами систем крови и иммунитета.

Фагоцитоз. Лейкоциты осуществляют защитные реакции на действия чужеродных бактериальных клеток, грибков, белковых молекул, обеспечивают устойчивость организма — иммунитет. Лейкоциты некоторых видов легко проникают через стенки сосудов к местам скопления инородных веществ и поглощают их. В этом процессе активная роль принадлежит клеточной мембране, которая обволакивает чужеродную частицу, втягивает ее в глубь цитоплазмы и переваривает.

Этот процесс открыл русский микробиолог И. И. Мечников и назвал его фагоцитозом (от греч. *фагос* — пожирающий). Осуществляющие его лейкоциты-фагоциты составляют две трети всех белых кровяных телец.



Илья Ильич МЕЧНИКОВ (1845—1916). Выдающийся русский ученый, внесший большой вклад в развитие биологии, с 1883 г. член-корреспондент Петербургской Академии наук, а с 1902 г. ее почетный член. Основал первую русскую бактериологическую станцию.

В 1863 г. И. И. Мечников открыл явление фагоцитоза. За исследования по фагоцитозу и теории воспаления как защитной реакции организма в борьбе с болезнью в 1908 г. ему была присуждена Нобелевская премия (совместно с П. Эрлихом).

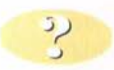
В поврежденном участке тела расширяются кровеносные сосуды, кровь усиленно приливает к нему, принося с собой множество лейкоцитов, которые уничтожают микробов. Это место краснеет, опухает и болит, температура его и даже всего тела повышается, — возникает воспалительный процесс.

Воспаление — защитная реакция организма против инфекции. Отдельные фагоциты поглощают до 15—20 частиц, при этом в очаге воспаления они погибают, образуя гной.

Важную роль выполняют лейкоциты и в освобождении организма от собственных отмерших клеток: лейкоциты поглощают обломки мышечных клеток, появляющиеся вследствие их разрыва при физических напряжениях.

Тромбоциты, или кровяные пластинки. Эти кровяные тельца участвуют в свертывании крови и образовании тромба (от греч. *тромбос* — кровяной сгусток), поддерживают целостность стенок сосудов. Тромбоциты — плоские, мелкие, неправильной формы безъядерные образования, живущие лишь несколько суток. Число их в крови человека колеблется от 200 до 400 тыс. в 1 мм^3. Днем их больше, чем ночью. Это обусловлено большей вероятностью травмы в период бодрствования и регулирующим влиянием эндокринной железы эпифиза. Вследствие уменьшения числа тромбоцитов, например при менструациях и беременности, появляется склонность к кровоточивости.

Функции тромбоцитов определяются их специфическими свойствами: подвижностью и способностью склеиваться при повреждении кровеносного сосуда. При этом тромбоциты выделяют вещества, способствующие свертыванию крови и образованию сгустка.



Что такое свертывание крови?

Свертывание крови — защитная реакция организма, выражающаяся в образовании тромба из нитей белка *фибрина* (рис. 67) и остановке кровотечения при нарушении целостности сосуда. В этом процессе участвуют более двух десятков факторов свертывания, находящихся в плазме и тромбоцитах (рис. 68).

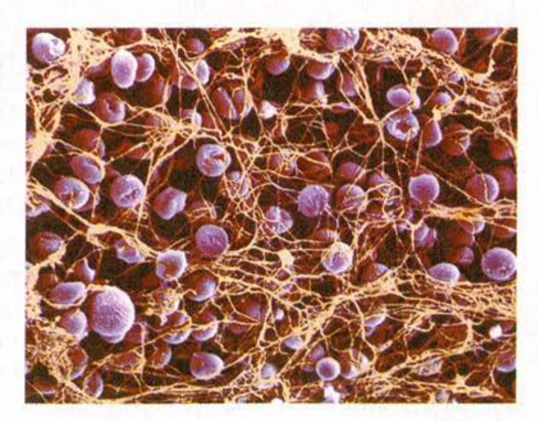


Рис. 67. Вид тромба под электронным микроскопом

Свертывание крови протекает в два этапа. На первом под действием факторов, выделяемых тромбоцитами, поврежденный сосуд суживается

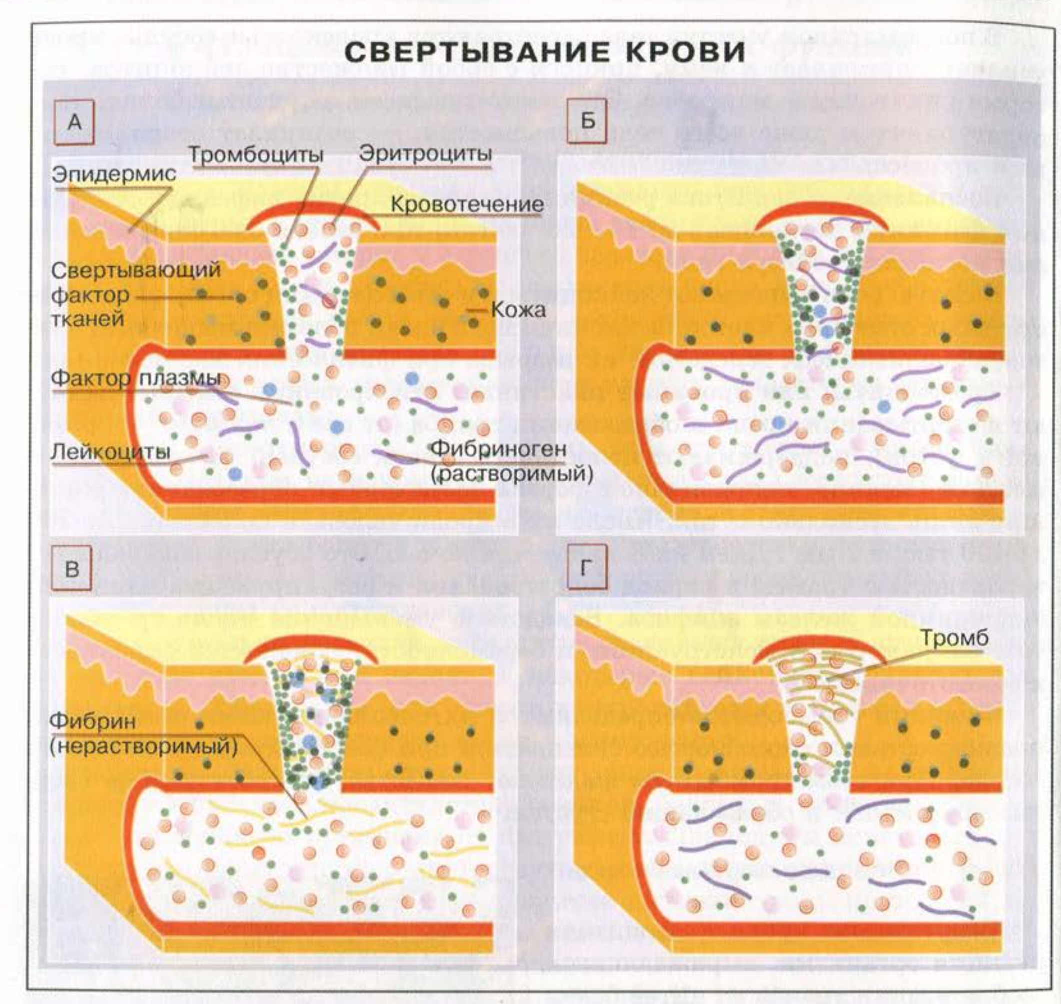


Рис. 68. Процесс тромбообразования:
А — пробка из тромбоцитов; Б, В — образование фибрина; Г — уплотнение тромба

и закрывается налипшими на его стенки тромбоцитами. Образовавшаяся пробка из тромбоцитов лишь приостанавливает кровотечение.

Второй этап свертывания крови происходит в несколько фаз. На заключительной фазе этого сложного многоступенчатого процесса появляется тромб, плотно закупоривающий поврежденный участок сосуда. Основой тромба являются нерастворимые нити белка фибрина, образующегося из растворенного в плазме *фибриногена*. Плазму крови без фибриногена называют *сывороткой крови*.

Кровь находится в жидком состоянии, несмотря на наличие в ней всех факторов свертывания. Сохранение текучести обусловлено существованием противосвертывающего механизма, блокирующего процесс свертывания и разрушающего образующийся фибрин. Такая система приспособительных механизмов обеспечивает текучесть крови в сосудах и свертывание при их повреждении.

Свертывание крови замедляется при низкой температуре, действии некоторых веществ, например гепарина. Симпатическая нервная система и сосудосуживающие вещества — адреналин, гормоны задней доли гипофиза, — наоборот, ускоряют свертывание.

Уменьшение текучести, повышение свертываемости крови может повлечь *тромбоз* — образование и налипание на внутреннюю поверхность сосуда сгустка, препятствующего току крови. Тромбоз артерий ухудшает кровоснабжение органов и может привести к омертвению их тканей — инфаркту. Тромбоз в полостях сердца и венах может вызвать закупорку артерий оторвавшимися частями тромба. Формирование тромба и развитие тромбоза происходит вследствие атеросклеротических и воспалительных изменений в сосудах, а также механических травм конечностей — переломов, ушибов.

Вопросы и задания

1. Опишите особенности строения и функций лейкоцитов и тромбоцитов. **2.** Какое биологическое значение для организма имеет фагоцитоз? **3.** Составьте схему последовательных изменений в крови человека в процессе ее свертывания.

Для любознательных

Один лейкоцит может поглотить до 30 бактерий, и через час все они оказываются переваренными.

Кроме системы крови АВ0 (I, II, III, IV), в настоящее время обнаружено еще 20 систем, причем большинство их индивидуально.

§ 42. Защитные функции крови. Иммунитет



Какими способами организм защищает себя от инфекции и чужеродных тел?

В воздухе, воде, почве обитает множество бактерий, мельчайших водорослей, грибков и других микроорганизмов. Около трехсот их видов поселяется на теле человека, на его наружных покровах, слизистых покровах ротовой, носовой и других полостей, в кишечнике (например, кишечная палочка и бифидобактерии). Это симбионты человека. Некоторые микроорганизмы

являются возбудителями заразных (инфекционных) заболеваний. Заражение происходит после проникновения, закрепления и размножения возбудителей в крови, т. е. после их колонизации. Передача возбудителей инфекционных болезней происходит через воздух вместе с пылью или частичками слюны больного, через одежду, предметы обихода, через насекомых, грызунов и других животных. Очень опасно заражение через поврежденные покровы — в этом случае возбудители сразу же оказываются в крови.

Однако живой организм обладает системой защитных механизмов, сдерживающих размножение болезнетворных микробов и создающих его устойчивость. Любые сбои в этой системе или недостаточная ее активность являются главной причиной заболеваний. Быстрое разложение тела населяющими его микроорганизмами после остановки сердца и выключения кровообращения прямо указывают на выдающуюся роль крови в деятельности этих механизмов.

Наука о механизмах защитных реакций организма называется *иммунология* (от лат. *иммунис* — свободный, невосприимчивый). У ее истоков стояли Л. Пастер, И. И. Мечников и П. Эрлих. Л. Пастер применил вакцинацию для предупреждения инфекционных заболеваний. И. И. Мечников разработал фагоцитарную (клеточную) теорию иммунитета. П. Эрлих создал гуморальную теорию, согласно которой невосприимчивость к инфекциям обусловлена выработкой защитных белковых веществ.

Во второй половине XX столетия появилась синтетическая теория: экспериментальные и клинические исследования не только подтвердили правильность представлений И. И. Мечникова и П. Эрлиха, но и выявили многообразные формы белых кровяных клеток, показали их взаимодействие в защитных реакциях организма, расширили само понятие иммунитета.

Иммунитет — способность организма освобождаться от генетически чужеродных частиц и собственных структур, потерявших нормальные функции. Генетически чужеродными являются болезнетворные микроорганизмы, вирусы, белки, а также собственные поврежденные и измененные клетки, например раковые.



Луи ПАСТЕР (1822—1895). Французский ученый, труды которого положили начало развитию микробиологии как самостоятельной науки. С 1862 г. член Парижской Академии наук. В 1879 г., исследуя микробы куриной холеры, Пастер обнаружил, что введение ослабленных микробов не вызывает гибели кур, делает их совершенно невосприимчивыми к болезни. Это открытие привело Пастера к разработке метода предохранительных прививок, которые явились эффективным средством борьбы с такими заразными заболеваниями, как сибирская язва, бешенство, краснуха.



Рис. 69. Система иммунитета

Итак, система иммунитета поддерживает клеточный гомеостаз и представляет ответную реакцию на непрерывные антигенные воздействия.

Антигены (от греч. *анти* — против — и *генос* — рождение) — это клеточные или крупномолекулярные образования, вызывающие иммунный ответ. Различают внутренние антигены, образующиеся в результате обмена веществ, и внешние — пищевые и бытовые вещества, вызывающие усиленный иммунный ответ. Последние чаще называют *аллергенами*. Система иммунной обороны организма приведена на схеме (рис. 69).

Неспецифический иммунитет. Защитные реакции возникают на любой антиген. На неклеточном уровне защиту обеспечивают покровы тела, являющиеся мощным механическим барьером для большинства микроорганизмов. Секреты кожных желез выделяют вещества с сильным бактерицидным действием — лизоцим и интерфероны. Лизоцим содержится в слюне. Животные используют его свойства для «личной гигиены» — при вылизывании шерсти и «ветеринарной помощи» — дезинфекции ран. Микроорганизмы-симбионты, находящиеся на поверхности нашего тела, выделяют вещества, поражающие болезнетворных «пришельцев». Неспецифическая клеточная защита осуществляется фагоцитами крови.

➤ Среди фагоцитов имеются мелкие, легко проникающие через стенки капилляров в очаге воспаления, и крупные — макрофаги, получившие свое

название за внушительные размеры: они в 2—3 раза крупнее эритроцитов. Макрофаги — клетки с очень крупными ядрами, действующие в местах хронических воспалений или скапливающиеся в сосудах печени, легких, селезенки, лимфатических узлов. Макрофаги поглощают из омывающей их крови чужеродные элементы, участвуют в специфическом иммунитете. ◀

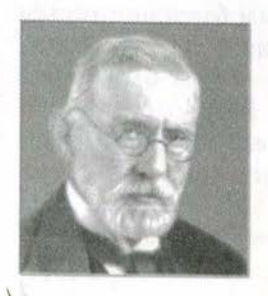
Специфический иммунитет. Он образуется на конкретный антиген, и при повторном заражении организм реагирует только на него. В специфических иммунных реакциях участвуют Т- и В-лимфоциты.

Т-лимфоциты созревают в вилочковой железе (по-латыни — *тимус*), они узнают и поражают чужеродные бактерии, пересаженные ткани и собственные переродившиеся и раковые клетки, т. е. создают специфический клеточный иммунитет.

В-лимфоциты созревают в лимфоидных узелках кишечника, миндалин. Они участвуют в выработке специфических белков — *антител*, способных нейтрализовать определенные антигены, растворяя или склеивая их. Таким образом, они обеспечивают специфический гуморальный иммунитет. Специфический иммунитет бывает врожденный и приобретенный (рис. 70).

При врожденном иммунитете антитела в крови имеются от рождения. Являясь наследственным, врожденный иммунитет создает индивидуальную специфичность, например, групп крови. При приобретенном иммунитете антитела образуются в течение жизни. Антитела, вырабатывающиеся после перенесенного заболевания, создают естественный иммунитет. Искусственный иммунитет возникает после лечебной иммунизации. Введение сыворотки крови с готовыми антителами против какого-либо возбудителя обеспечивает пассивный иммунитет. Активный искусственный иммунитет развивается после введения ослабленной культуры возбудителя — *вакцины*. Организм переносит заболевание в легкой форме и сам вырабатывает антитела, предотвращающие заболевание в будущем. Прививка — введение антигена — принуждает организм к защите от заболевания.

Дефекты иммунной системы. Ими являются недостаточная активность иммунной системы — *иммунодефициты*, и наоборот, усиленная ее реактивность, чувствительность к некоторым веществам — *аллергия*.



Пауль ЭРЛИХ (1854—1915). Немецкий бактериолог, который в течение многих лет занимался проблемой иммунитета, разработкой методов лечения инфекционных болезней и изучением химии лекарственных веществ. В 1897—1901 гг. предложил промышленные методы изготовления противодифтерийной и других сывороток. Описал различные формы лейкоцитов. Показал значение костного мозга и лимфатических органов в кроветворении. За создание гуморальной теории иммунитета в 1908 г. ему была присуждена Нобелевская премия (совместно с И. И. Мечниковым). В 1907—1912 гг. создал ряд препаратов, которые произвели революцию в лечении серьезных инфекционных заболеваний.



Рис. 70. Специфический иммунитет

При наследственных иммунодефицитах организм погибает. Приобретенные иммунодефициты возникают из-за радиационного облучения, химического отравления, голодания, травм, воспалений, вирусных заболеваний (СПИД). При иммунодефицитах невозможны специфические иммунные реакции.

При аллергии (от греч. *аллос* — другой, *эргон* — действие) возникает усиленный иммунный ответ. Вызывающие его пищевые, микробные, белковые и другие биологические или синтетические вещества называют аллергенами. Аллергены могут образовываться и из собственных тканей в результате травм, ожогов, инфекций и т. п.

При первом попадании веществ с антигенными свойствами (аллергенов) в организме вырабатываются антитела, а после второго — образуется комплекс этого аллергена с уже имеющимися антителами. При его распаде выделяются токсические вещества.

Аллергия сопровождается шоком, судорогами, падением давления крови, расстройствами дыхания и сердечной деятельности. Хроническими аллергическими заболеваниями являются бронхиальная астма, диатезы,

некоторые поражения кожи (экземы, крапивница), аллергические риниты (насморки).

Вопросы и задания

1. Перечислите основные способы попадания в организм чужеродных тел. **2.** Назовите ученых, чья научная деятельность была связана с разработкой теории иммунитета. **3.** Что такое иммунитет? Какие виды иммунитета вы знаете? **4.** Чем отличается естественный иммунитет от искусственного приобретенного? **5.** Какие виды иммунизации вам известны? **6.** Расскажите о дефектах иммунной системы.

Регулирование в организме численности форменных элементов крови

Численность форменных элементов крови должна быть оптимальной и соответствовать уровню обмена веществ, зависящему от характера и интенсивности работы органов и систем, условий существования организма. Так, при нагревании, интенсивной мышечной работе и низком атмосферном давлении количество клеток крови увеличивается. В этих условиях затрудняется образование оксигемоглобина, а обильное потоотделение приводит к увеличению вязкости крови, уменьшению ее текучести, организм испытывает недостаток кислорода.

На эти изменения наиболее быстро реагируют вегетативные системы: из кровяных депо выбрасывается находящаяся в них кровь, из-за повышенной активности органов дыхания и кровообращения возникает одышка, сердцебиение, возрастает давление крови, снижается уровень обмена веществ.

При продолжительном действии включаются нейрогуморальные механизмы регуляции, активирующие процессы образования форменных элементов. Например, у жителей горных местностей число эритроцитов повышается до 6 млн в 1 мм^3, а концентрация гемоглобина приближается к верхнему пределу. У людей, занятых тяжелым физическим трудом, отмечается хронический рост количества лейкоцитов (лейкоцитоз): они активно утилизируют обломки поврежденных мышечных клеток.

Функциональная система, поддерживающая число форменных элементов в крови, представлена на схеме (рис. 71).

Количество форменных элементов в крови контролируется рецепторами, которые располагаются во всех кроветворных и кроверазрушающих органах: красном костном мозге, селезенке, лимфатических узлах. От них информация поступает в нервные центры головного мозга, в основном в гипоталамус. Возбуждение нервных центров рефлекторно включает механизмы саморегуляции, изменяет деятельность системы крови в соответствии с требованиями конкретной ситуации. В первую очередь увеличивается скорость движения и объем циркулирующей крови.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА РЕГУЛЯЦИИ КРОВИ

Количество форменных элементов

Рецепторы костного мозга, лимфатических узлов, селезенки

Нервные центры головного мозга (гипоталамус)

Кроветворение и кроверазрушение

Гипофиз

Депонирование крови
Скорость кровотока

Обратная связь

Рис. 71. Функциональная система поддержания клеточного гомеостаза крови

Любое изменение характера нервных процессов в коре больших полушарий при всех видах деятельности организма отражается на клеточном составе крови. При этом включаются долгосрочные механизмы регуляции кроветворения и кроверазрушения, ведущая роль в которых принадлежит гуморальным влияниям.

Специфическое действие на образование эритроцитов оказывают витамины. Так, витамин B_{12} стимулирует синтез глобина, витамин B_6 — синтез гема, витамин B_2 ускоряет образование мембраны эритроцита, а витамин С — всасывание в кишечнике железа. Эту группу витаминов применяют при малокровии.


Анализ крови взрослого мужчины показал, что в 1 мм³ крови у него содержится 4 млн эритроцитов. Используя схему функциональной системы регуляции крови, предложите способ восстановления нормального числа форменных элементов.

Темы сообщений и рефератов

1. П. Эрлих, Л. Пастер, И. И. Мечников — рыцари борьбы с инфекционными болезнями.
2. СПИД — чума XX века.
3. Разгаданная тайна крови.
4. Антибиотики: открытие XX века.



КРОВООБРАЩЕНИЕ И ЛИМФООТТОК

Немного истории...

1553 г. *Испанский мыслитель и естествоиспытатель М. Сервет высказал идею о малом круге кровообращения.*

1563 г. *Итальянский анатом Б. Евстахий обнаружил грудной лимфатический проток — самый большой лимфатический сосуд тела.*

1628 г. *Английский ученый У. Гарвей в трактате «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных» изложил основы учения о кровообращении.*

1661 г. *Итальянский гистолог М. Мальпиги описал капилляры в легких, соединяющие артерии и вены, анатомически доказав правильность открытий У. Гарвея.*

1903 г. *Русский ученый А. А. Кулябко впервые «оживил» спустя 20 ч сердце умершего ребенка.*

1906—1907 гг. *Немецким анатомом Л. Ашоффом, японским патологом С. Таварой, английскими исследователями А. Кисом и М. Флэком была изучена автоматия сердца.*

1911 г. *Нидерландский физиолог В. Эйнтховен разработал метод регистрации кардиограммы.*

1967 г. *Южноафриканский врач К. Барнард впервые успешно произвел пересадку сердца больному, который прожил после операции 18 суток.*

§ 43. Движение крови и лимфы в организме



Что обеспечивает движение крови по сосудам?

Значение кровообращения. Движение крови составляет сущность кровообращения. Система кровообращения вместе с другими системами обеспечивает постоянство внутренней среды.

Благодаря непрерывному движению кровь выполняет транспортную функцию: доставляет к тканям кислород, питательные вещества, минеральные соли и удаляет из тканей углекислый газ и другие конечные продукты обмена. Током крови переносятся и гормоны, обеспечивающие связи и управление в организме.

Органы кровообращения образованы сердцем и замкнутой системой кровеносных сосудов. Главный «мотор» системы — сердце. Оно начинает работать в первые недели внутриутробного развития и безостановочно

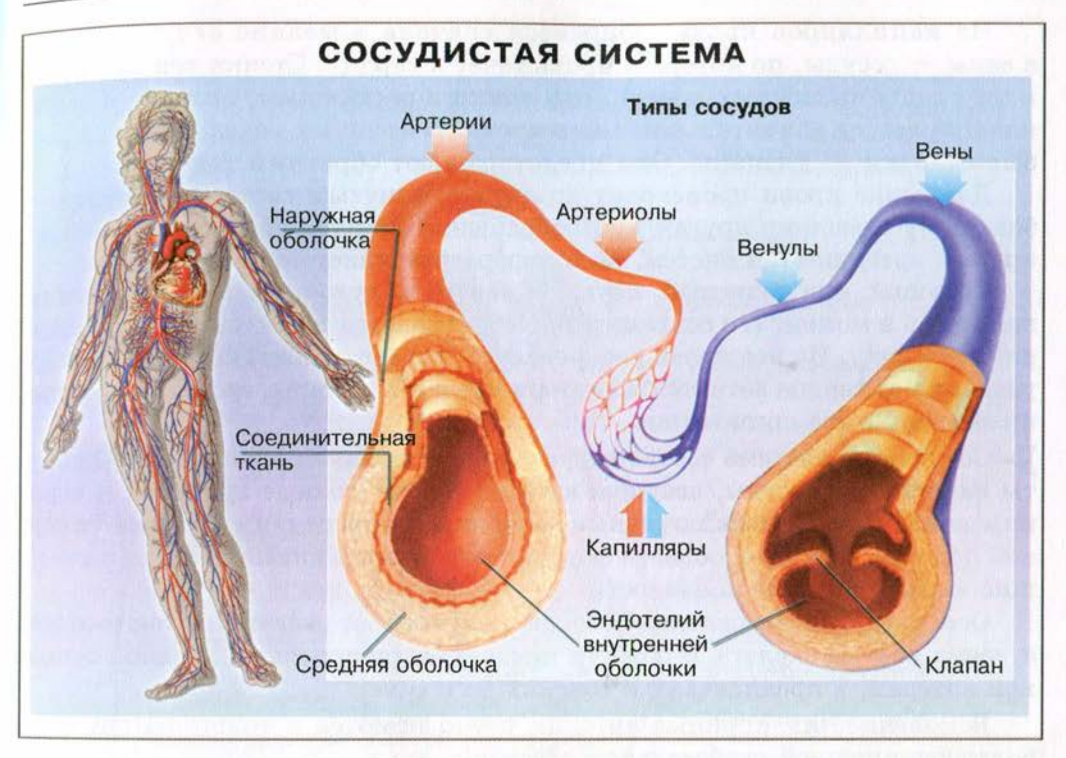


Рис. 72. Типы кровеносных сосудов

«трудится» всю жизнь. Сердце человека имеет четыре камеры: два *желудочка* и два *предсердия*. Левая и правая половины сердца разделены сплошной перегородкой.

Сосуды. Кровеносные сосуды — полые трубки с трехслойными стенками. Внутренний слой сосудов образован плоскими, плотно прилегающими друг к другу клетками. Средний слой состоит из эластичных волокон и гладких мышц. Их сокращение и расслабление изменяет кровоток в участке сосуда, что важно для приспособления к физическим и психическим нагрузкам. Наружный слой образован соединительной тканью.

Артерии — сосуды, по которым кровь движется от сердца. Стенки артерий эластичные, плотные и упругие. Они выдерживают высокое давление крови (рис. 72).

Артерии разветвляются на более мелкие сосуды — *артериолы*, которые плавно переходят в самые мелкие сосуды — *капилляры* (от лат. *капиллярис* — волосной). Через тончайшие стенки капилляров легко происходит обмен веществ и газов между кровью и тканевой жидкостью.

Из капилляров кровь собирается сначала в мелкие *венулы*, затем в *вены* — сосуды, по которым кровь течет к сердцу. Стенки вен содержат мало гладкомышечных клеток, они тонки и растяжимы, поэтому в венах накапливается значительная часть крови. В крупных венах имеются особые складки — клапаны. Они предотвращают обратный ток крови.

Движение крови происходит по двум замкнутым системам сосудов — большому и малому кругам кровообращения. Сердце не только нагнетает кровь в артерии этих систем, но и перераспределяет ее между ними.

Большой, или телесный, круг. Из левого желудочка сердца артериальная кровь в момент его сокращения выбрасывается в самую крупную артерию — *аорту*. Из нее кровь распределяется по артериям, которые по мере удаления от сердца ветвятся на артериолы и капилляры, густой сетью пронизывающие все органы (рис. 73).

▶ Сосудистая система соответствует общему плану строения тела. От аорты начинаются сосуды, несущие кровь к голове (сонные артерии), к верхним конечностям (подключичные артерии), к внутренним органам брюшной полости. В тазовой области формируются подвздошные артерии, питающие кровью нижние конечности.

Основные (магистральные) сосуды конечностей разветвляются соответственно костям скелета. В области плеча и бедра проходит по одной основной артерии, в предплечьях и голенях — по две.

В конечностях крупные артерии располагаются в толще мышц и на более защищенной сгибательной стороне. ◀

Через стенки капилляров артериальная кровь отдает питательные вещества и кислород в тканевую жидкость, а из нее забирает продукты жизнедеятельности. При этом она превращается в венозную, от насыщения углекислым газом становится более темной, чем артериальная. Из капилляров она собирается в венулы, которые, сливаясь, образуют мелкие вены, а те — крупные. В сердце кровь вливается в правое предсердие через две большие *полые вены*.

Верхняя полая вена собирает кровь в основном от органов, расположенных выше сердца, а нижняя — от всех органов, находящихся ниже него.

▶ Венозная система, берущая свое начало от венозных капилляров и мелких венул, несет кровь к сердцу. Она имеет ряд особенностей. Так, из капилляров кишечника кровь собирается в венулы, а затем — в воротную вену печени. В печени она разветвляется на множество капилляров, которые, пройдя через ткани органа, далее сливаются в печеночные вены, впадающие в нижнюю полую вену.

Сосудистые системы, образованные венами, вторично распадающимися в органах на капилляры, которые вновь собираются в вены, выходящие

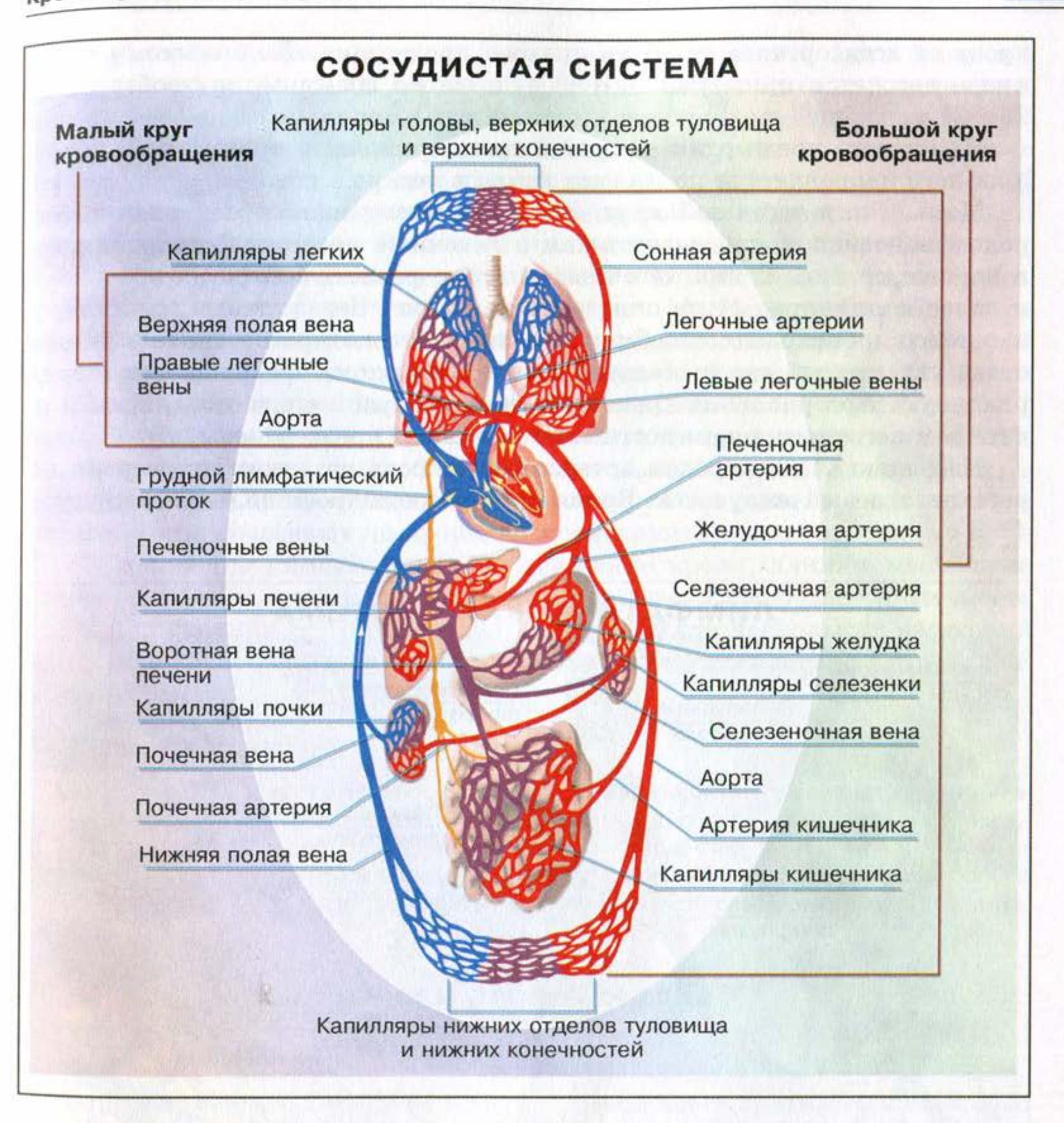


Рис. 73. Большой и малый круги кровообращения

из органа, называют воротными. Кроме печени, они есть в почках, гипофизе. Воротная система печени обеспечивает запасание питательных веществ и обезвреживание всосавшихся при пищеварении ядовитых продуктов. ◁

Итак, большой круг кровообращения — это путь крови от левого желудочка (артериальная кровь) через артерии, капилляры и вены (венозная

кровь от всех органов тела) до правого предсердия. По большому кругу кровь движется примерно 21—23 с, а общее время ее кругооборота — 25—27 с.

Из правого предсердия венозная кровь попадает в правый желудочек, а из него направляется по малому кругу в легкие.

Малый, или легочный, круг. Из правого желудочка обедненная кислородом венозная кровь нагнетается в легочные артерии и направляется в парные легкие. В них легочные артерии разветвляются на артериолы и далее капилляры, густо оплетающие легкие. Через стенки капилляров и легких происходит газообмен, в результате которого венозная кровь, отдав углекислый газ и обогатившись кислородом, превращается в артериальную. Артериальная кровь от легких собирается в венулы, вены и по четырем легочным венам доставляется в левое предсердие.

Насыщенная кислородом артериальная кровь из левого предсердия перетекает в левый желудочек. Время кругооборота крови по малому кругу — 4—5 с.

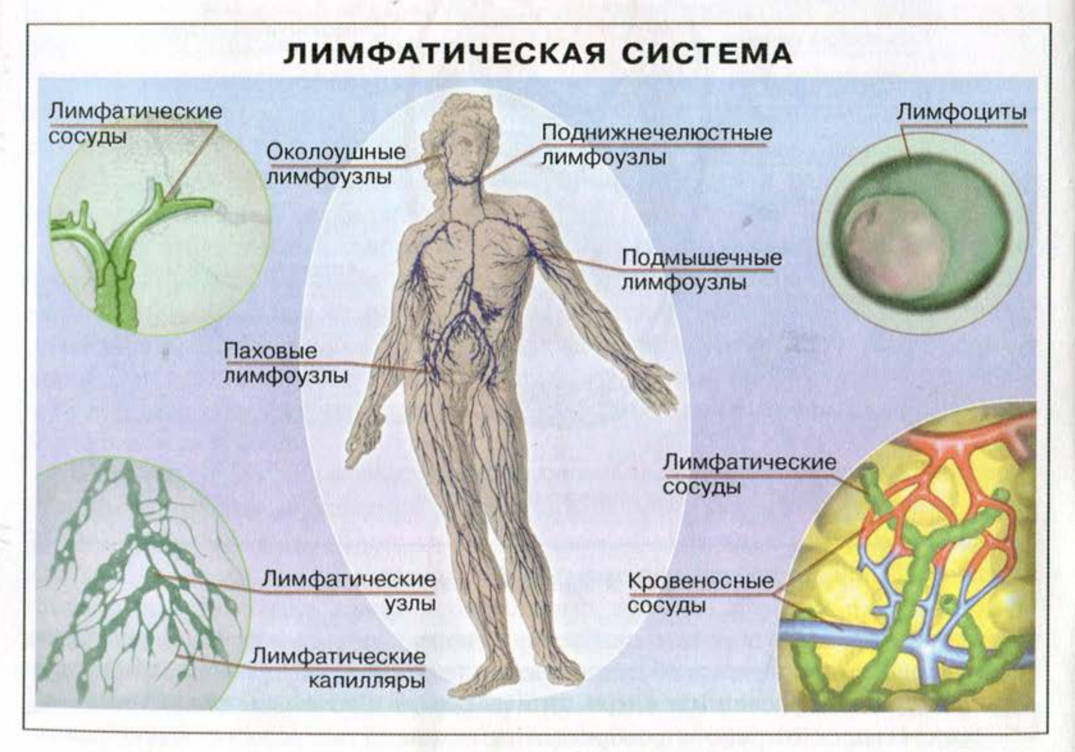


Рис. 74. Система лимфооттока

Кровообращение в сердце. Путь крови в сердце — часть большого круга кровообращения. От аорты к сердечной мышце отходят две артерии, которые опоясывают сердце и называются коронарными. Они образуют сеть мелких артериол и капилляров, из которых венозная кровь собирается в вены, вливающиеся в правое предсердие.

Ток лимфы (лимфоотток). Лимфа непрерывно движется по сосудам лимфатической системы. Движение лимфы называют *лимфоотток*.

Лимфа образуется из тканевой жидкости в лимфатических капиллярах, густой сетью пронизывающих все органы (рис. 74). Капилляры собираются в лимфатические сосуды, сливающиеся в лимфатические протоки, которые впадают в вены большого круга кровообращения вблизи сердца.

На протяжении всей лимфатической системы имеются *лимфатические узлы*. У человека их 460. Скопления таких узлов присутствуют в шейной, подмышечных и паховых областях, локтевых и подколенных ямках, в других местах. Лимфатические узлы участвуют в кроветворении и иммунитете: в них созревают лимфоциты, происходит фагоцитоз.

На движение лимфы, как и на движение крови, влияют мышечные сокращения. Так, при долгом лежании у человека наблюдается отечность лица, при стоянии — отечность ног. Однако после нескольких движений она пропадает: скопившаяся в тканевых промежутках лимфа проталкивается к сердцу.

Вопросы и задания

1. Какое значение имеет кровеносная система? **2.** Опишите особенности функций и строения артерий, вен и капилляров. **3.** Как доказать, что сосуды, выступающие на тыльной стороне кисти, относятся к венам? **4.** Почему в сердечной мышце на единицу объема приходится вдвое больше капилляров, чем в скелетной? **5.** Что представляют собой большой и малый круги кровообращения? **6.** Расскажите об особенностях лимфооттока.

§ 44. Строение и работа сердца



Почему сердце работает ритмично?

Строение сердца. Сердце находится в левой части грудной полости. Оно помещается в околосердечной сумке из соединительной ткани, внутри которой находится жидкость, уменьшающая трение при сокращениях.

Сердце — это четырехкамерный, трехслойный мышечный орган (рис. 75). Наружный и внутренний слои образованы соединительной тканью, а срединный слой (*миокард*) представлен сердечной мышцей. Сильнее миокард развит в левом желудочке, так как он выполняет большую работу.

Сердечная мышца способна ритмически сокращаться без внешних раздражителей, под влиянием импульсов, возникающих в ней самой. Эта способность называется *автоматия сердца*.

Синусный узел. В клетках синусного узла, расположенного в правом предсердии у слияния полых вен, периодически возникают электрические импульсы. Они распространяются по проводящим путям сердца к мускулатуре предсердий и желудочков и вызывают их строго синхронизированные (одновременные) сокращения. Синусный узел является водителем ритма и своими импульсами задает частоту 60—80 сокращений в минуту.

Сердечные клапаны. Между предсердиями и желудочками находятся соединяющие отверстия. На их краях расположены соединительнотканные *створчатые клапаны*. В левой части сердца клапан *двухстворчатый*, в правой — *трехстворчатый*. От створок отходят сухожильные нити, которые прикрепляются другим концом к стенкам желудочков, препятствуя выворачиванию клапанов в предсердия.

На границе желудочков сердца с аортой и легочной артерией расположены *полулунные клапаны*. Они имеют вид кармашков на стенках этих сосудов.

Клапаны сердца обеспечивают продвижение крови в определенном направлении: из предсердий в желудочки и далее в артерии. При сокращении предсердий кровь проталкивается в желудочки, и после их наполнения сокращается миокард желудочков. Из-за уменьшения объема камер резко повышается давление внутри желудочков, и створчатые клапаны захлопываются. Одновременно открываются полулунные клапаны, и кровь поступает в аорту и легочный ствол. После расслабления миокарда желудочков давление в них становится ниже, чем в сосудах. Тогда обратным током крови полулунные клапаны закрываются. По мере наполнения предсердий кровью открываются створчатые клапаны, и работа сердца повторяется.

Сердечный цикл. Чередующиеся ритмичные сокращения сердца называют *систолой*, а расслабления — *диастолой*.

Период, охватывающий одно сокращение и расслабление, составляет *сердечный цикл*. Он продолжается около 0,8 с и включает три фазы: I — систола предсердий за 0,1 с, II — систола желудочков за 0,3 с, III — общая диастола (пауза) за 0,4 с.

При больших физических нагрузках частота сердечных сокращений возрастает до 150—180 ударов в минуту, и продолжительность цикла, особенно общей паузы, уменьшается.

Систолический объем крови. Во время каждого сокращения желудочков в сосуды поступает около 140 мл крови. Причем правый и левый желудочки выталкивают одинаковое ее количество.

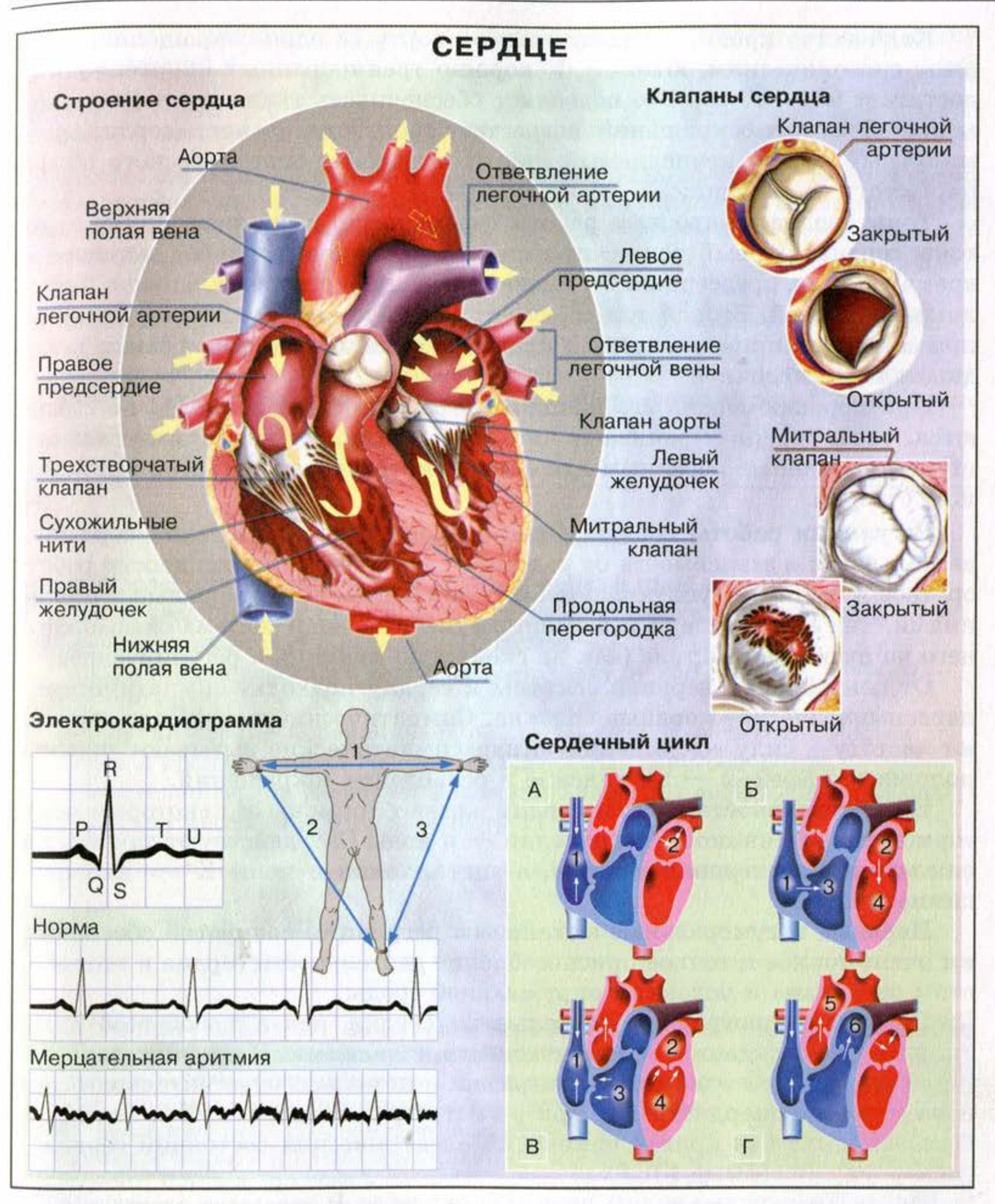


Рис. 75. Строение и работа сердца. Сердечный цикл: А — наполнение предсердий (1, 2); Б — систола предсердий; В — начало систолы желудочков (3, 4); Г — окончание систолы желудочков (5, 6 — артерии)

Количество крови, выбрасываемое в аорту за одно сокращение, называют систолическим объемом. У хорошо тренированных спортсменов он достигает 90—100 мл. Это позволяет обеспечивать ткани кислородом при меньшей частоте сокращений: возрастает производительность сердца — его минутный объем, исчисляемый как произведение систолического объема на частоту сокращений.

Тоны сердца. В процессе работы сердца четко различимы звуки — это тоны сердца. Первый тон — протяжный, низкий и глухой, слышится во время систолы предсердий. Он вызван вибрацией створок клапанов и сухожильных нитей. Второй тон — короткий, высокий и звонкий, возникает при захлопывании полулунных клапанов обратным током крови в начале диастолы желудочков.

При пороках сердца его клапаны деформируются и плотно не смыкаются, тоны сердца утрачивают чистоту звучания: к ним примешиваются шумы, вызванные обратным движением крови через неплотно прилегающие створки.

Регуляция работы сердца. Она необходима для изменения сердечной деятельности в зависимости от условий, характера и интенсивности работы органов и систем. Осуществляется нервной системой и гуморальными влияниями. Так как сердце обладает автоматией, нервная система оказывает на него не пусковое действие (как на скелетную мышцу), а регулирующее.

От центральной нервной системы к сердцу подходят симпатические и парасимпатические нервные волокна. Симпатические влияния увеличивают частоту и силу сокращений, а парасимпатические вызывают противоположные эффекты — замедление и ослабление сокращений.

На интенсивность работы сердца влияют гормоны и некоторые ионы: гормон надпочечников — адреналин — и ионы Ca^{2+} действуют так же, как симпатическая нервная система, а ацетилхолин и ионы K^{+} — как парасимпатическая.

Нервные и гуморальные механизмы регуляции совместно обеспечивают очень тонкое и точное приспособление деятельности сердца к потребностям организма и условиям окружающей среды.

Электрокардиография. Деятельность сердца, как и любой возбудимой ткани, сопровождается электрическими явлениями. Их можно зарегистрировать методом электрокардиографии с помощью чувствительного прибора — электрокардиографа. При регистрации на движущейся ленте прибора записывается кривая изменений электрических состояний сердца — электрокардиограмма (ЭКГ).

На ЭКГ отчетливо видны пять зубцов: зубец P отражает электрические явления в предсердиях, а зубцы QRST характеризуют движение волны возбуждения в желудочках сердца.

Метод ЭКГ позволяет судить о работе сердца и помогает в диагностике его заболеваний.

Вопросы и задания

1. Раскройте взаимосвязи строения и функций сердца. **2.** Почему кровь движется только в одном направлении: из предсердий в желудочки, а из желудочков в артерии? **3.** Как изменяется продолжительность сердечного цикла во время физической нагрузки? **4.** Каким образом осуществляется регуляция работы сердца?


Сердце нетренированного человека в состоянии покоя совершает обычно 80 сокращений в минуту, выталкивая каждый раз 50—70 мл крови, а у хорошо тренированного спортсмена таких сокращений бывает только 50. Каким образом организм атлета покрывает потребности в кислороде при относительно редких сокращениях сердца?

Для любознательных

Наиболее интенсивно сердце растет в первые годы жизни: к 8 месяцам его масса увеличивается вдвое, к трехлетнему возрасту утраивается, к пяти годам увеличивается в 4 раза, а к 16 годам — в 11 раз.

Масса сердца взрослого человека составляет от 250 до 360 г, а объем — около 900 см³.

За сутки сердце перекачивает около 10 тыс. л, в течение жизни — 200 млн л крови, которая совершает 1,5—2 тыс. кругооборотов.

Ежедневно сердце расходует количество энергии, достаточное для поднятия груза массой в 900 кг на высоту 14 м.



Вильям ГАРВЕЙ (1578—1657). Выдающийся английский врач, анатом, физиолог и эмбриолог, впервые объяснивший циркуляцию крови в замкнутой системе кровообращения. В опытах на животных он установил, что в теле имеется постоянный объем крови, циркулирующей по замкнутому пути. Выяснил функциональное значение различных отделов сердца и крупных сосудов, описал большой круг кровообращения. Доказал, что понять функцию любого органа можно только на основе детального изучения его строения.

Гарвей первым в истории естествознания показал, что печень — барьерный орган, задерживающий многие вредные вещества.

§ 45. Движение крови по сосудам



С помощью каких исследований можно доказать движение крови по сосудам?

Непрерывность движения крови. Сердце сокращается ритмично, и кровь поступает в сосуды небольшими порциями, но течет в них непрерывным потоком. Такое движение объясняется эластичностью стенок аорты и сопротивлением току крови в артериях. При возрастании давления в момент систолы желудочков сосуды растягиваются, а по мере уменьшения давления в диастоле — сужаются, сглаживая, таким образом, пульсацию и создавая непрерывное движение крови (рис. 76).

Пульс. При каждом сокращении левого желудочка стенки аорты растягиваются. Возникшая при этом волна колебаний быстро распространяется по артериям. Эти волны получили название пульсовых или *пульса* (от лат. *пульсус* — удар, толчок).

Пульс легко можно прощупать или прослушать в лучевой артерии на запястье у основания большого пальца, в плечевой артерии на локтевом сгибе и в сонной артерии на шее. В норме количество пульсовых волн в покое составляет 60—80 в минуту. По пульсу судят о состоянии сердечной деятельности и о ее нарушениях. Пульс резко учащается при физической нагрузке, волнениях, при курении, употреблении крепкого чая, кофе. При повышении температуры тела на 1 °С, он учащается в среднем на 8 ударов. У здорового человека пульс ритмичный, наполненный. При заболеваниях сердца он становится беспорядочным, изменяется его ритм, появляются внеочередные удары.

Скорость тока крови. Скорость движения крови в разных сосудах различна. Наибольшая скорость — в аорте, а наименьшая — в капиллярах. Медленный ток крови в капиллярах способствует полному обмену газов, переходу питательных веществ из крови в тканевую жидкость и продуктов обмена в кровь. В венах скорость движения крови по сравнению с капиллярами выше, но существенно ниже, чем в артериях.

Особенности движения крови по венам. Давление крови в венах невысокое, поэтому движение ее происходит по инерции, а также благодаря присасывающей силе сердца, грудной полости и давлению на вены скелетных мышц. Сокращаясь и расслабляясь, мышцы действуют, подобно насосу. Движению крови в венах помогают находящиеся в них полулунные клапаны. Поток крови к сердцу прижимает клапаны к стенкам сосудов. При противоположном движении кровь заполняет кармашки между стенкой вены и клапанами, створки клапанов смыкаются и перекрывают просветы вен.

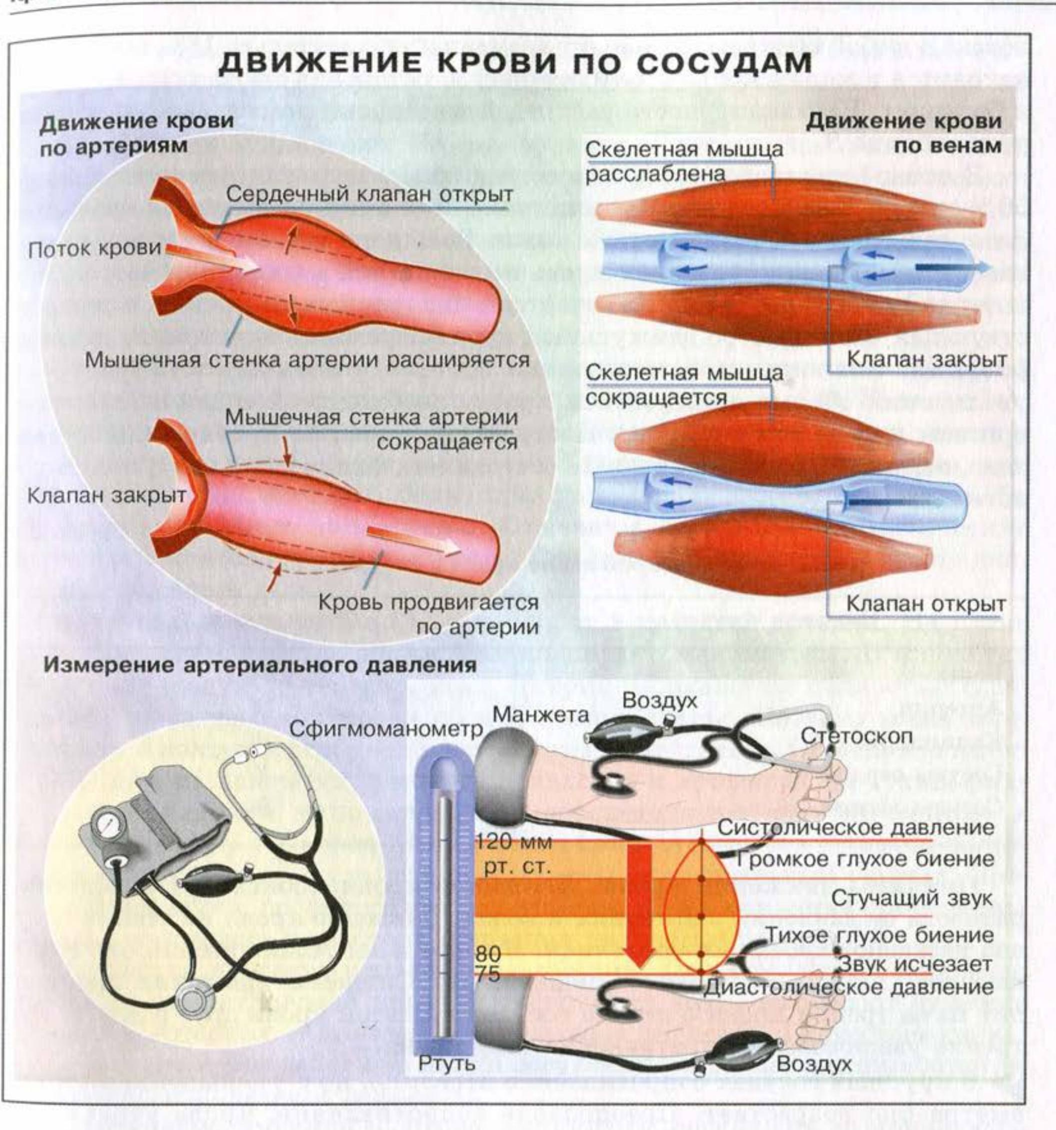


Рис. 76. Особенности движения крови по артериям и венам

Часто человек в связи со своей профессиональной деятельностью вынужден в течение всего дня стоять на ногах. Это может вызвать расширение вен нижних конечностей.

Перераспределение крови в организме. В процессе постоянного движения кровь по кровеносным сосудам распределяется неравномерно. У че-

ловека в любой конкретный момент времени приблизительно 16% всей крови находится в малом круге кровообращения, остальная кровь сосредоточена в большом. Неравномерность распределения крови по сосудам иллюстрирует таблица 8.

В спокойном состоянии у человека активно циркулирует чуть больше 50% крови. Ее значительная часть находится в так называемых *кровяных депо*: селезенке, печени, сосудах кожи. Роль депо выполняет и вся венозная система. Депонированная кровь не находится в состоянии застоя, некоторая ее часть все время включается в быстрое передвижение, а соответствующая часть быстро движущейся крови переходит в состояние депонирования. Значение кровяного депо состоит в возможности быстрого увеличения объема движущейся крови, необходимой в данный момент органам или целым системам. Поступление крови из кровяных депо связано, например, с эмоциональным состоянием, физической нагрузкой, кровотечением.

Таблица 8

Распределение крови в сосудах

Название сосудов	Объем крови, %
Вены	64
Артерии	14
Капилляры	6
Сосуды сердца	7
Сосуды легких	9

Причины движения крови. Движение крови происходит вследствие разности ее давлений в артериях и венах. Давление крови на стенки сосудов называют *кровяным давлением*. В аорте и легочной артерии оно самое высокое, дальше постепенно уменьшается. Снижение давления происходит из-за трения крови о стенки сосудов и клеток крови друг о друга. Это трение увеличивает сопротивление току крови.

▶ В крупных сосудах сопротивление невелико, но с уменьшением их диаметра оно возрастает. Преодолевая сопротивление, кровь утрачивает часть кинетической энергии, сообщенной ей сокращающимся сердцем, и ее давление постепенно снижается. На давление крови в сосудах также влияет дыхание. На вдохе полые вены расширяются, давление в них падает еще больше, что облегчает возврат крови в сердце. Воздействие дыхательных движений на кровообращение называется дыхательным насосом. Кровяное давление зависит также от объема циркулирующей крови и ее вязкости. ◀

Таким образом, сокращение сердца создает начальное давление, а сопротивление сосудов — разность давлений между артериальной и венозной частью кровеносной системы.

Артериальное давление. Его измеряют в медицинских целях с помощью *тонометра*. Максимальное давление в плечевой артерии наблюдают во время систолы желудочков — это *систолическое давление*. У здорового взрослого человека оно составляет около 120 мм рт. ст. Его величина зависит от работы сердца. Минимальное давление регистрируется в период диастолы — *диастолическое давление* (примерно 70 мм рт. ст.). Его величина зависит от сопротивления в сосудах.

Артериальное давление (АД) принято записывать, разделяя косой чертой значения систолического и диастолического, например — 120/70 мм рт. ст.

Артериальное давление (АД) неодинаково в разном возрасте, выше у более крупных людей, повышается под влиянием внешних факторов, при изменении позы, эмоциях, боли, при физической работе, после еды. Во время сна давление понижается. Отмечены погодные, климатические и сезонные колебания АД у человека. Оно также повышается к концу дня, в конце учебного года.

Артериальное давление (АД) измеряют в плечевой артерии. На плечо надевают резиновую манжетку, соединенную с манометром. В манжетку нагнетают воздух до тех пор, пока артерия не окажется полностью сдавленной, из-за чего ток крови по ней прекращается. Поэтому ниже манжетки — в локтевом сгибе — пульс перестает ощущаться. Постепенно выпуская воздух из манжетки, в момент появления и исчезновения пульса фиксируют показания манометра. Они соответствуют систолическому и диастолическому давлению. Звуки появляются оттого, что в момент систолы желудочков кровь с хлопком прорывается через суженный участок. Прекращаются звуки, после того как давление воздуха в манжетке станет меньше давления крови в диастолу и артерия полностью расправится.

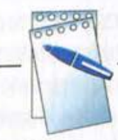
Регуляция просвета кровеносных сосудов. Сигналы, поступающие по волокнам симпатической нервной системы из ЦНС, вызывают сужение артерий и артериол — это *сосудосуживающие рефлексы*. Отсутствие сигналов приводит к расслаблению мышц сосудов. И тогда они расширяются — это *сосудорасширяющие рефлексы*.

В организме имеются и другие механизмы регуляции артериального давления. При этом особая роль принадлежит железам внутренней секреции, в первую очередь надпочечникам. Адреналин, выделяемый этими железами, вызывает резкое сужение кровеносных сосудов.

Вопросы и задания

1. Что такое пульс? **2.** Каковы причины движения крови по сосудам? **3.** Почему в капиллярах скорость движения крови минимальна? Какое это имеет значение? **4.** Что такое

кровяное давление? **5.** Объясните, как измеряют давление крови с помощью манометра. **6.** Выполните практическую работу № 8 (с. 277).



НАБЛЮДЕНИЯ И САМОНАБЛЮДЕНИЯ

Движение крови по сосудам

Перетяните основание пальца, накрутив на него нитку. Выждите минуту и потрогайте палец. Чувствуете, как он набух, стал плотным на ощупь? Объясните причины этих изменений. Не забудьте после опыта снять нитку.

§ 46. Гигиена сердечно-сосудистой системы. Нарушения в работе органов кровообращения



Как можно избежать расстройства функции органов кровообращения и остановить кровотечение?

Гигиена сердца и сосудов. Несоблюдение гигиенических требований способствует возникновению заболеваний сердца и сосудов. Самым распространенным заболеванием, появляющимся с возрастом, является *атеросклероз*, при котором стенки артерий уплотняются, теряют эластичность, плохо пульсируют. Из-за сужения просвета ток крови затрудняется, нарушаются работа сердца и мозга, кровоснабжение органов, функции которых также нарушаются.

Атеросклероз сосудов сердца сопровождается *стенокардией* (в быту «грудная жаба») — сужением коронарных артерий. При волнениях и переживаниях из-за спазма сосудов в сердце наступают приступы боли, отдающиеся в левую руку. Закупорка коронарных артерий вследствие склероза может привести к омертвению участка сердца — *инфаркту миокарда*.

Стойкое повышение кровяного давления — основной признак *гипертонической болезни*. А ее причина — длительное нервное перенапряжение, психические травмы, избыточное употребление мясной и жирной пищи, недостаточная подвижность — гиподинамия. Гипертоническая болезнь обычно проявляется в возрасте после 40 лет и нарастает постепенно. В начальных стадиях ощущаются головные боли, сердцебиение, тяжесть в затылке. На ранних стадиях гипертония излечима.

Для профилактики атеросклероза и гипертонии необходимо уже с молодости чередовать работу и отдых, правильно организовывать труд и быт, соблюдать режим питания, не превышать в рационе нормы жиров и мяса, соли, не допускать переедания.

Тренировка сердца. При физической нагрузке работа сердца у разных людей изменяется неодинаково. Физически нетренированный человек имеет слабое сердце. На нагрузку оно реагирует значительным увеличением частоты сокращений, тогда как систолический объем увеличивается мало. У физически тренированных людей сердце сокращается реже, но сильнее и работает экономичнее.

Под влиянием тренировки сердечная мышца утолщается, становится более сильной. Пульс после нагрузки быстро нормализуется. Тренированное сердце выполняет работу не столько за счет учащения ритма, сколько за счет увеличения количества выбрасываемой крови.

Доступными формами тренировки сердца и всего организма являются физическая работа, утренняя гимнастика, ходьба, бег, занятия спортом. Тренировать сердце следует постоянно и постепенно. Упражнения не должны быть чрезмерно трудными, вызывающими перенапряжение. Мышечные движения изменяют деятельность всех органов и систем. Это происходит рефлекторно под влиянием сигналов от рецепторов работающих мышц. Кроме того, сокращающиеся мышцы давят на сосуды, способствуя движению крови к сердцу («мышечный насос»). Вследствие повышения артериального давления возрастает скорость кровотока. В неработающей мышце бóльшая часть капилляров закрыта, тогда как в активной число открытых капилляров в 100 раз больше.

Таким образом, физический труд и спорт усиливают функцию органов кровообращения и оказывают в целом благотворное влияние на весь организм.

Действие алкоголя и никотина на сердце и сосуды. Эти вещества, безусловно, вредно влияют на всю систему кровообращения. Частое и неумеренное употребление спиртных напитков вызывает глубокие изменения в сердце, ожирение сердечной мышцы. У пьющих людей сердце увеличено, наблюдается так называемое «пивное», или «бычье», сердце с характерным слабым и дряблым миокардом. Пагубное влияние алкоголя на нервную систему вынуждает сердце усиленно работать, из-за чего оно быстро изнашивается.

Алкоголь растворяет мембраны эритроцитов, снижает содержание гемоглобина в крови. Под действием спирта перерождаются стенки кровеносных сосудов, утрачивается их упругость, а это приводит к повышению кровяного давления.

Никотин сильно расстраивает работу сердца, нарушает ритм, вызывает перебои сокращений. Под действием никотина сильно и продолжительно суживаются кровеносные сосуды, повышается давление крови. Особенно чувствительны к никотину сосуды самого сердца. Из-за их дефектов нарушается питание миокарда, что может привести к инфаркту. Известна «табачная» форма стенокардии.



Рис. 77. Приемы остановки кровотечений

Кровеносные сосуды, потерявшие эластичность, становятся хрупкими, легко разрывающимися. В результате существует опасность кровоизлияния, особенно в головной мозг.

Кровотечения и оказание первой помощи. При нарушении целостности кровеносных сосудов в результате ранений, ожогов и некоторых заболеваний — язве, туберкулезе — возникают артериальные, венозные либо капиллярные *кровотечения* (рис. 77).

Самое опасное кровотечение — артериальное: кровь из раны вытекает под сильным напором, фонтанирует. Потеря 1,5—2 л крови без кровезамещения смертельна. При повреждении вен кровь изливается медленно, а из капилляров сочится отдельными каплями. Капиллярные кровотечения прекращаются самопроизвольно вследствие свертывания крови и образования кровяного сгустка.

Для остановки сильных кровотечений необходимы своевременные медицинские меры. При ранении конечностей их следует приподнять выше уровня сердца — это замедлит поступление крови в конечность. На небольшую рану достаточно наложить *давящую повязку*. Для этого используют перевязочные средства: бинты, марлевые тампоны, а при их отсутствии — чистую хлопчатобумажную ткань.

При повреждении крупных артерий руки или ноги рекомендуется согнуть конечность или прижать пальцем сосуд выше места травмы, ближе к сердцу, а главное — срочно доставить пострадавшего в медицинское учреждение.

Лучшим способом остановки сильных кровотечений на руках или ногах является наложение специального резинового жгута. Его можно заменить полосами материи, полотенцем, ремнем, веревкой и другими подручными средствами. Обвязывают руку или ногу и под крепкий узел просовывают палку-закрутку, вращением которой останавливают кровотечение.

При артериальных кровотечениях жгут накладывают выше раны, при венозных — ниже. Жгут накладывается не более чем на один час, иначе возникает онемение и даже омертвение тканей.

Наложение жгутов и давящих повязок — это лишь первая помощь. Пострадавшего следует как можно скорее доставить в лечебное учреждение.

Вопросы и задания

1. Какая связь существует между такими заболеваниями, как склероз, стенокардия и инфаркт миокарда? **2.** Назовите основные причины гипертонической болезни. **3.** Опишите положительное действие на сердце и сосуды физической нагрузки. **4.** Почему алкоголь и никотин пагубно влияют на деятельность органов кровообращения? **5.** Расскажите, как вы поступите в случае венозного кровотечения на голени. **6.** Что нужно сделать при артериальном кровотечении на предплечье?

Функциональная система поддержания кровяного давления

Особая роль в поддержании оптимальных условий для обмена веществ между кровью и тканями принадлежит кровяному давлению. При изменении его величины могут произойти нарушения основных физиологических процессов.

В состоянии покоя у каждого человека величина артериального давления постоянна. Это один из важных показателей гомеостаза.



Рис. 78. Функциональная система поддержания давления крови

Уровень кровяного давления и любые его отклонения, которые могут быть вызваны действием на организм различных факторов (физическая нагрузка, эмоции, изменение в работе желез внутренней секреции), воспринимаются интерорецепторами, находящимися в крупных сосудах. Импульсы от них поступают в сосудодвигательный центр продолговатого мозга, в гипоталамус и кору (рис. 78).

Наиболее важные процессы саморегуляции проходят в нейронах сосудодвигательного центра продолговатого мозга. Если частота поступающих в него импульсов превышает определенную величину, то наступает торможение нейронов сосудосуживающего центра. В результате импульсация, исходящая от этих клеток по симпатическим волокнам, уменьшается, происходит расслабление мышечных стенок артерий и артериол, увеличивается просвет сосудов и снижается давление крови.

На величину артериального давления влияют и другие факторы, действие которых иллюстрирует схема.

Особая роль в регуляции просвета сосудов принадлежит гуморальным факторам. К их числу относят адреналин, ацетилхолин, ионы натрия и др. Так,

адреналин и ионы натрия вызывают сужение артерий кожи, органов брюшной полости и легких.

Вопросы и задания

1. Какие факторы влияют на величину артериального давления (АД)? **2.** Расскажите, как работает сосудодвигательный центр. **3.** Используя схему функциональной системы, объясните механизмы, с помощью которых поддерживается оптимальное артериальное давление.

Темы сообщений и рефератов

1. На пути к созданию искусственного сердца.
2. Удивительная история изучения кровообращения.
3. Современные методы исследования сердца.
4. Профилактика болезней сердца и сосудов.

ДЫХАНИЕ



Немного истории...

1661 г. *Итальянский врач и естествоиспытатель М. Мальпиги опубликовал трактат «Анатомические наблюдения над легкими», в котором впервые описал легочные альвеолы и капилляры, показал путь прохождения крови из артерий в вены.*

1746—1747 гг. *Швейцарский естествоиспытатель и физиолог А. Галлер в работе «Экспериментальное исследование дыхания» привел правильное объяснение механизма внешнего дыхания и роли мышц грудной клетки и диафрагмы в этом процессе.*

1777 г. *Французский химик А. Лавуазье экспериментально доказал, что при дыхании человек и животные поглощают кислород.*

1789 г. *Французские химики А. Л. Лавуазье и А. Сеген установили прямую пропорциональную зависимость между мышечной работой и потреблением кислорода.*

1837 г. *Французский физиолог Ж. П. Флуранс в опытах на животных обнаружил дыхательный центр в продолговатом мозге.*

1885 г. *Российским физиологом Н. А. Миславским подробно описан дыхательный центр.*

§ 47. Органы дыхания



Почему дыхание является признаком жизни?

Значение дыхания. Дыхание — жизненно необходимый постоянный обмен газов между организмом и средой.

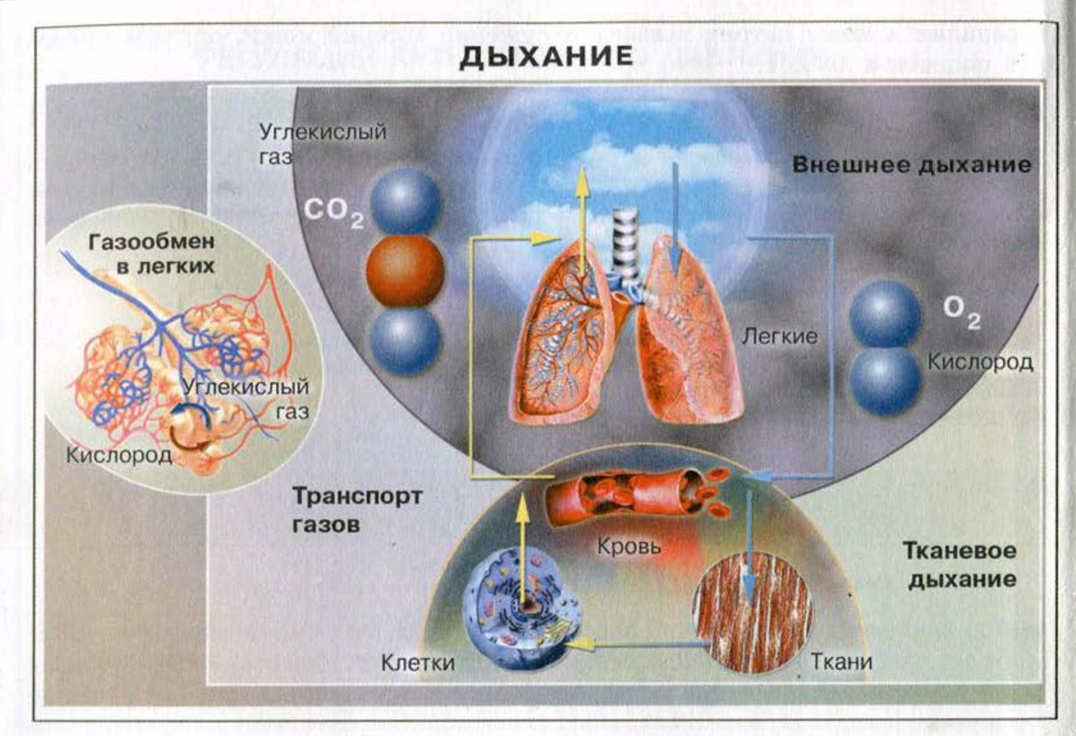


Рис. 79. Этапы дыхания

Сложные превращения веществ в организме идут с обязательным участием кислорода. Он нужен каждой клетке для окисления органических веществ и образования необходимой для жизнедеятельности энергии. Кислород не запасается организмом. Поэтому непрерывное его поступление жизненно необходимо.

Дыхание — совокупность процессов, обеспечивающих поступление кислорода, окисление органических веществ и образование энергии и удаление образовавшихся углекислого газа и воды.

В дыхании выделяют следующие этапы: внешнее дыхание, или легочная вентиляция; газообмен в легких; транспорт газов кровью; газообмен в тканях; тканевое и клеточное дыхание (рис. 79). Функция дыхания осуществляется совместно с системами крови и кровообращения.

Органы дыхания участвуют в поддержании газового гомеостаза, выделении, теплорегуляции и голосообразовании.

Строение и функция органов дыхания. Органы дыхания представлены *воздухоносными путями* и *легкими* (рис. 80). Воздухоносные пути включают наружный нос, полость носа, носоглотку, ротоглотку, гортань,

трахею и два главных бронха. Бронхи многократно разветвляются и заканчиваются бронхиолами. Слизистая оболочка воздухоносных путей покрыта мерцательным эпителием, движения ресничек которого изгоняют наружу попавшие пылевые частицы. В хрящевом наружном носе находятся потовые и сальные железы, а также жесткие волоски, задерживающие пыль.

Полость носа образована костями лицевого черепа и состоит из двух половин. Каждая половина носовой полости разделена носовыми раковинами на ходы, завихрения воздушных потоков в которых способствуют оседанию пыли и фильтрации вдыхаемого воздуха.

Слизистая оболочка полости носа пронизана множеством желез и кровеносных сосудов. Движущаяся по капиллярам кровь согревает или охлаждает вдыхаемый воздух.

Слизистая носовой полости усеяна обонятельными и другими рецепторами. Частицы пыли, резкие или неприятные запахи, а при простудных заболеваниях слизь вызывают защитный рефлекс чихания и удаление их резким потоком воздуха.

Из полости носа воздух проходит в носоглотку и далее в ротоглотку и гортань. При ротовом дыхании воздух поступает в гортань, минуя носовую полость. Поэтому дыхание ртом менее гигиенично.

Гортань разделяет воздухоносные и пищеварительные пути, служит для звукообразования. Она представляет собой широкую трубку, состоящую из нескольких хрящей. Спереди и с боков выделяются парные *щитовидные хрящи*. У мужчин они несколько выступают вперед, образуя кадык («адамово яблоко»). Со стороны глотки гортань прикрыта эластичным *надгортанником*, закрывающим дыхательный путь при проглатывании пищи и поднимающимся при вдохе и выдохе.

При раздражении рецепторов гортани случайно попавшими кусочками пищи, различными твердыми или жидкими веществами рефлекторно возникает кашель, предотвращая проникновение вредных веществ.

В узкой части гортани находятся две пары *голосовых связок*. Спереди они прикрепляются к щитовидным хрящам, а сзади к *черпаловидным*. Во время пения или разговора связки натягиваются, сближаются. Тогда выдыхаемый воздух, с силой прорываясь через их сомкнутые края, вызывает вибрацию связок, порождающую звуки. У мужчин связки длиннее и толще, а их колебания ниже по частоте. У детей и женщин связки тоньше и короче, поэтому их голоса более высокие.

Окончательное формирование звуков речи происходит в ротовой и носовой полостях. Оно зависит от положения языка, зубов, губ, челюстей и распределения звуковых потоков. Работу органов речи при произнесении звуков называют *артикуляцией*.

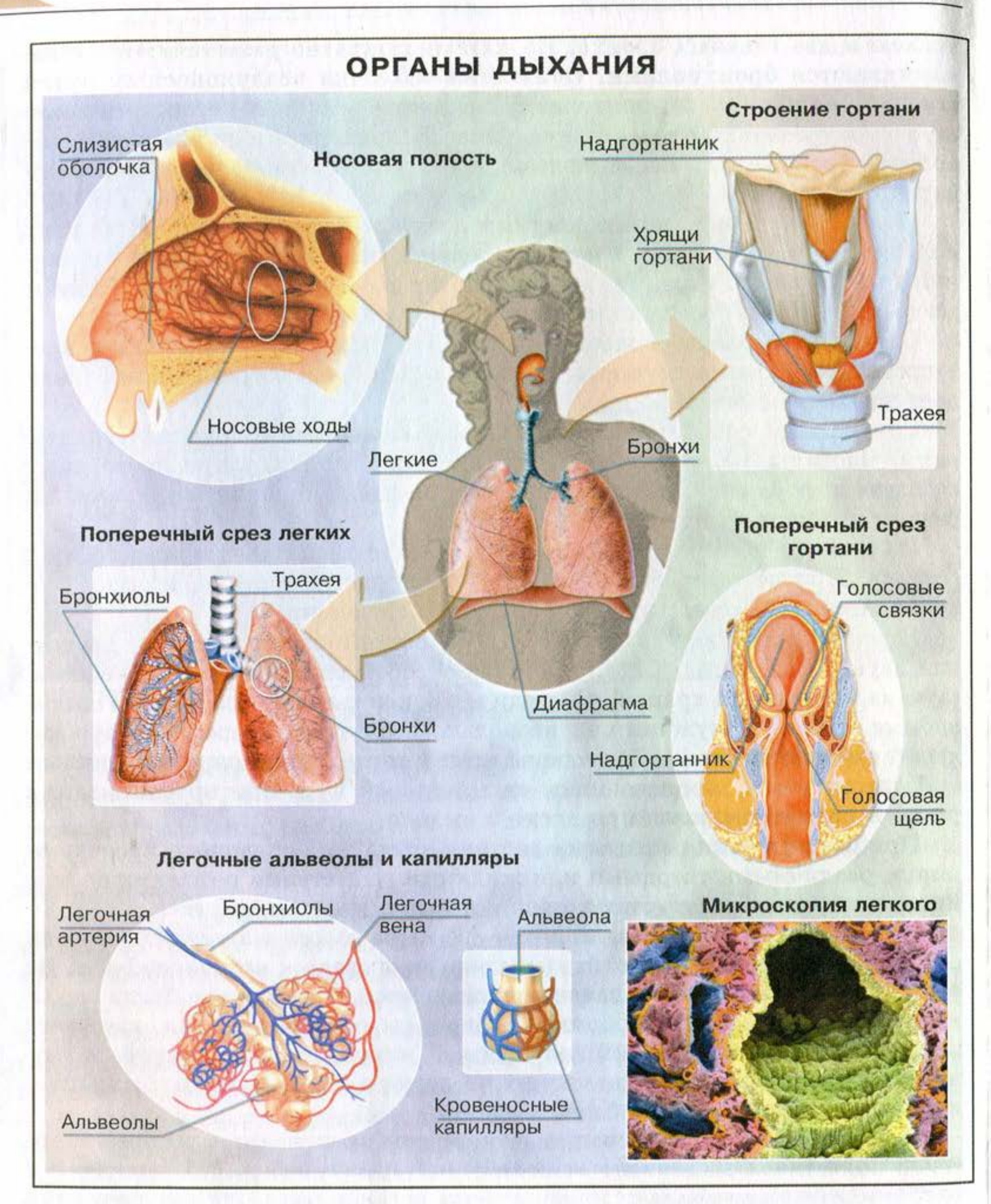


Рис. 80. Строение органов дыхания

Трахея и бронхи. Гортань переходит в трахею — трубку, состоящую из 16—20 хрящевых полуколец. Задняя ее стенка, обращенная к пищеводу, образована мягкой соединительной и гладкомышечной тканями. Трахея разветвляется на два бронха. Их стенки состоят из хрящевых колец. По этому «образцу» изготавливают душевые шланги, имеющие достаточную подвижность и не пережимающиеся при изгибах. Бронхи, многократно разветвляясь, формируют внутрилегочное бронхиальное дерево, заканчивающееся *бронхиолами*.

Легкие занимают бо́льшую часть грудной полости. По форме они напоминают конус, обращенный вершиной к ключицам, а основанием — к диафрагме. Правое легкое состоит из трех долей, а левое, меньшее по величине, — из двух.

Через находящиеся на срединной стороне *ворота легких* проходят бронхи, легочные артерии и вены.

Легкие покрыты *плеврой*, наружный листок которой срастается со стенкой грудной полости, а внутренний — с собственной тканью легких. Образовавшаяся между листками *плевральная полость* заполнена жидкостью, уменьшающей трение при дыхательных движениях. В плевральной полости давление воздуха ниже атмосферного. Это отрицательное давление поддерживает легкие в расправленном состоянии и облегчает их вентиляцию.

Конечные бронхиолы заканчиваются микроскопическими, собранными в гроздья по 15—20, *легочными пузырьками — альвеолами*. В легких их насчитывают до 700 млн.

Альвеолы оплетены густой сетью капилляров. Стенки капилляров и пузырьков очень тонки, а общая поверхность огромна. Это создает отличные условия для газообмена.

Вопросы и задания

1. Что такое дыхание? **2.** Из каких этапов оно состоит? **3.** Назовите последовательно органы, по которым воздух проходит в легкие. **4.** От чего зависят индивидуальные особенности голоса? **5.** Почему у женщин более высокий голос, чем у мужчин, а у детей более высокий, чем у взрослых? **6.** Как легкие приспособлены к выполнению своих функций? **7.** Какова физиологическая роль кашля и чихания?

Для любознательных

Частота колебаний голосовых связок у человека составляет от 80 до 10 тыс. Гц.

Общая поверхность альвеол, образующих легкие одного человека, составляет около 100 м^2.

Длина легочного капилляра в среднем составляет 7—8 мкм. Через капилляры альвеол кровь проходит всего за 0,8 с.

Мерцательный эпителий дыхательных путей человека удаляет до 20—30 г пыли в сутки.

§ 48. Дыхательные движения. Газообмен в легких и тканях



Как происходит вентиляция легких?

Механизм легочного дыхания. В спокойном состоянии взрослый человек совершает 16—18 дыханий в минуту. Каждое дыхательное движение состоит из двух актов — вдоха и выдоха.

Сами легкие не имеют мышечной ткани и не могут самостоятельно нагнетать или изгонять воздух: их объем пассивно изменяется в результате активного сокращения мышц грудной клетки и диафрагмы.

Вдох осуществляется благодаря сокращениям наружных межреберных мышц и диафрагмы (рис. 81). При сокращении диафрагма опускается вниз на 1,5—2 см. Поэтому и грудная полость увеличивается в вертикальном направлении. Наружные межреберные мышцы, сокращаясь, поднимают ребра и отодвигают их в стороны, а грудину — вперед. Объем грудной полости при вдохе увеличивается. Давление в ней становится меньше атмосферного, вдыхаемый воздух через воздухоносные пути устремляется в

ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

Механизм дыхательных движений

Вдох

Выдох

Трахея

Легкие

Диафрагма

Спирометрия

Шкала

Цилиндр

Поплавок

Вода

0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000

Скорость потока при выдохе (л/сек)

max

Объем (л)

Рис. 81. Механизм вдоха и выдоха. Спирометрия

легкие. Разность давлений и служит причиной поступления атмосферного воздуха в легкие — вдоха.

Выдох происходит после расслабления дыхательных мышц: грудная клетка под своей тяжестью опускается, а диафрагма снова принимает форму купола. Грудная полость уменьшается в объеме. Давление в ней становится выше атмосферного. Это вызывает ток воздуха из легких наружу — выдох.

При усиленном дыхании включаются мышцы груди, спины, живота и верхних конечностей.

Легочные объемы. В состоянии покоя человек вдыхает и выдыхает около 500 мл воздуха, который представляет *дыхательный объем*. После спокойного вдоха человек может вдохнуть дополнительно 1500 мл — это *резервный объем вдоха*, а после спокойного выдоха выдохнуть дополнительно 1500 мл — *резервный объем выдоха*. Сумму этих объемов называют *жизненной емкостью легких* (ЖЕЛ). Жизненную емкость легких определяют так:

ЖЕЛ (3500 мл) = дыхательный объем (500 мл) + резервный объем вдоха (1500 мл) + резервный объем выдоха (1500 мл)

Жизненная емкость легких зависит от возраста, пола, роста, степени тренированности и служит важнейшим показателем физического состояния. Чем выше жизненная емкость легких, тем бóльшую работу может совершить человек за единицу времени.

Но даже после максимального выдоха в легких остается около 1000 мл воздуха — его *остаточный объем*. Благодаря ему легкие всегда немного растянуты и имеют резервный запас газов.

Легочные объемы и емкости измеряют *спирометром*.

Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха. Вентиляция легких позволяет поддерживать газовый гомеостаз — относительно постоянный состав *альвеолярного воздуха* в альвеолах.

Выдыхаемый воздух представляет собой смесь альвеолярного воздуха и воздуха, находящегося в воздухоносных путях, который по составу не отличается от атмосферного. Поэтому в выдыхаемом воздухе больше кислорода и меньше углекислого газа и паров воды, чем в альвеолярном. Содержание азота во всех газовых средах неизменно.

Таблица 9

Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха

Воздух	Составляющие его газы, %		
	Кислород	Углекислый газ	Азот и пары воды
Вдыхаемый	20,94	0,03	79,03
Выдыхаемый	16,30	4,00	79,70
Альвеолярный	14,20	5,20	80,60

Газообмен в легких. На втором этапе дыхания происходит обмен газов между альвеолами и кровью легочных капилляров. Он осуществляется посредством диффузии кислорода из альвеолярного воздуха в кровь, а углекислого газа — в противоположном направлении. В результате диффузии кровь из венозной превращается в артериальную.

Направление и скорость диффузии определяется парциальным давлением газов и их напряжением в крови. Парциальным давлением называют ту часть общего давления в смеси газов, которая приходится на долю данного газа. Для растворенных газов используют термин напряжение. Парциальное давление рассчитывают по формуле:

$$P_{парц.} = \frac{P_{атм.} \cdot \%_{газа}}{100}$$

где $P_{парц.}$ — парциальное давление; $\%_{газа}$ — процентное содержание газа в смеси; $P_{атм.}$ — общее давление газовой смеси.

Парциальное давление углекислого газа в атмосферном воздухе равняется 0,2, азота — 600,8, а кислорода — 159 мм рт. ст. В альвеолярном воздухе давление кислорода и углекислого газа составляет 100 и 40 мм рт. ст. соответственно. В притекающей к легким венозной крови напряжение кислорода около 40, а углекислого газа — 46 мм рт. ст.

Вследствие разности парциальных давлений кислорода и углекислого газа в альвеолах и напряжений их в крови осуществляется направленная диффузия.



Как кровь перемещает газы?

Транспорт газов кровью. Это третий этап дыхания. Газы находятся в крови в растворенном и химически связанном виде. Перенос кислорода осуществляется гемоглобином крови. Одна молекула гемоглобина (Hb) обратимо присоединяет четыре молекулы кислорода, превращаясь в *оксигемоглобин* (HbO_2). Вишневый цвет венозной крови при этом изменяется на ярко-алый.

Оксигемоглобин образуется в легких, а в тканях он освобождает кислород. При этом 100 мл крови могут переносить до 20 мл кислорода. Количество связанного кровью кислорода определяет *кислородную емкость крови*.

Перемещение углекислого газа осуществляется плазмой и эритроцитами.

Вследствие разности напряжений углекислый газ из тканевой жидкости диффундирует в кровь. От 10 до 15% его обратимо связывается гемоглобином с образованием непрочного карбогемоглобина.

Бóльшая часть углекислого газа соединяется с водой и превращается в угольную кислоту, которая диссоциирует на ионы H^+ и HCO_3^-. В плазме анион реагирует с ионами натрия, а в эритроцитах — калия, образуя бикарбонаты ($NaHCO_3$, $KHCO_3$).

Таким образом, углекислый газ транспортируется в виде $NaHCO_3$ в плазме и $KHCO_3$ и карбогемоглобина в эритроцитах.

Газообмен в тканях. Артериальная кровь по сосудам большого круга кровообращения поступает к тканям. Вследствие непрерывно протекающих окислительных процессов в тканевой жидкости меньше кислорода и значительно больше углекислого газа, чем в крови. Поэтому углекислый газ диффундирует в кровь, а кислород — в ткани. Венозная кровь направляется в сердце и далее в легкие. Затем цикл обмена газов повторяется.

Движение газов можно иллюстрировать упрощенной схемой (рис. 82).

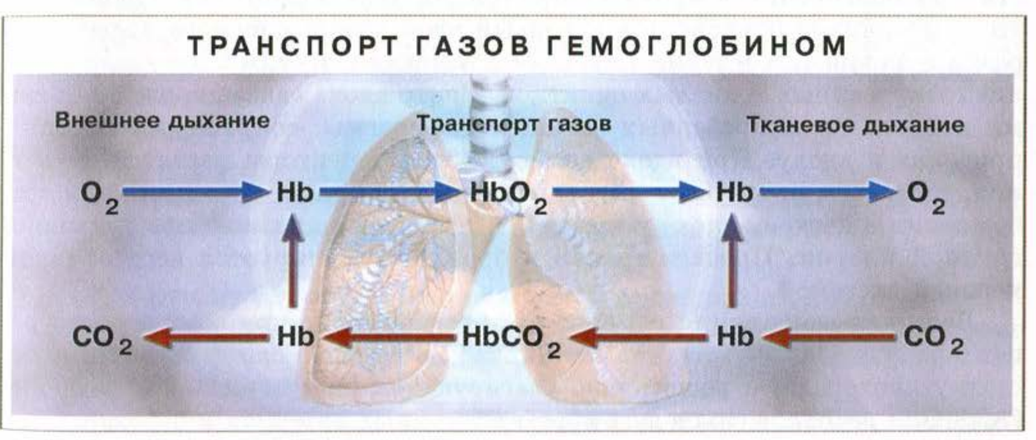


Рис. 82. Перенос кислорода и углекислого газа гемоглобином

Вопросы и задания

1. Какое положение занимает диафрагма на вдохе, а грудная клетка на выдохе? **2.** Почему у спортсменов жизненная емкость легких больше, чем у людей, не занимающихся спортом? **3.** Как изменяется состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха? **4.** Чем тканевый газообмен отличается от легочного? **5.** Каким образом осуществляется перемещение кислорода и углекислого газа кровью? **6.** Выполните практическую работу № 9 (с. 278).

§ 49. Регуляция дыхания



Что понимают под регуляцией дыхания?

Регуляция дыхания. Дыхание изменяется в зависимости от состояния. Оно спокойное, редкое во время сна или глубокое при физических нагрузках, прерывистое либо неровное в момент эмоций. Бывает, и «дух захватывает», например при обливании холодной водой или сильных переживаниях.

Обеспечение согласованной деятельности дыхательных мышц и ритмического чередования вдоха и выдоха в соответствии с энергетическими потребностями организма называют *регуляцией дыхания*. Нервная регуляция осуществляется дыхательным центром продолговатого мозга, в котором сосредоточены *центр вдоха* и *центр выдоха*. Характерной особенностью нейронов дыхательного центра является возрастание их возбудимости при повышении в крови концентрации углекислого газа. Действием этого механизма объясняется и первый вдох новорожденного после перерезки пуповины, и зевание в душном помещении, и стимулирующее влияние газированных и кислых напитков. Центр вдоха связан с двигательными нейронами межреберных мышц и диафрагмы, сокращения которых приводят к вдоху. При вдохе возбуждаются рецепторы растяжения легких, импульсы от которых активируют центр выдоха. Чередующиеся возбуждения в центрах вдоха и выдоха обеспечивают циклические движения грудной клетки. Просвет трахеи и бронхов регулируется вегетативной нервной системой.

Легочная вентиляция изменяется и рефлекторно при возбуждении рецепторов сосудов, чувствительных к избытку углекислого газа или недостатку кислорода, и рецепторов, реагирующих на артериальное давление (АД). Они расположены в дуге аорты и в сонных артериях и передают сигналы в центр вдоха: при увеличении в крови концентрации углекислоты и уменьшении кислорода дыхание учащается; при повышении АД возникает одышка.

Дублированная работа гуморальных и рефлекторных механизмов регуляции обеспечивает надежную и эффективную адаптацию дыхательной системы к текущим запросам организма.

Дыхательный центр продолговатого мозга подчинен вышележащим отделам — гипоталамусу и коре больших полушарий. На его состояние влияют импульсы от болевых, температурных, обонятельных, вкусовых, зрительных, мышечных и внутренних рецепторов.

Дыхание регулируют различные отделы коры больших полушарий: человек может задерживать его по своему желанию, менять ритм и глубину

дыхательных движений. Кора тонко приспосабливает дыхание к движениям, речи, декламации, пению. Влиянием коры головного мозга объясняется изменение дыхания у спортсменов перед стартом и в других ситуациях.

Влияние коры выражается в дыхательных рефлексах, приобретении индивидуального опыта и навыков путем тренировки речи, артикуляции и дыхательных движений.

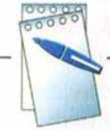
Сильные эмоции сопровождаются вегетативными изменениями, включающими дыхательные и голосовые реакции.

Вопросы и задания

1. Опишите механизм регуляции дыхания и объясните, почему за вдохом следует выдох. **2.** Докажите, что в регуляции дыхания участвует кора больших полушарий. **3.** Почему после усиленной вентиляции легких дыхание становится редким, а иногда наблюдается пауза?



В романах Ф. Купера рассказывается, как индейцы, прячась от врагов в водоемах, дышали с помощью пустотелых стеблей растений. Однако дышать таким способом, находясь под водой, можно лишь на глубине погружения не более 1 м. Какими особенностями строения и функционирования органов дыхания обусловлено это ограничение?



НАБЛЮДЕНИЯ И САМОНАБЛЮДЕНИЯ

Влияние углекислого газа на дыхательный центр

Для работы нужен секундомер или часы с секундной стрелкой.

1. В положении стоя после спокойного вдоха задержите дыхание. Время задержки зафиксируйте. Результат запишите в тетрадь. Добейтесь восстановления спокойного дыхания.
2. Сделайте три усиленных вдоха и выдоха, а затем на выдохе задержите дыхание. Определите время его задержки.
3. Сравните полученные результаты и объясните их.

§ 50. Гигиена дыхания. Первая помощь при остановке дыхания



Как предупредить заболевание органов дыхания?

Гигиена дыхания. За сутки через легкие проходит около 20 м^3 воздуха. Его чистота имеет огромное значение для здоровья: даже ничтожные примеси вредных веществ и болезнетворные организмы отрицательно сказываются на состоянии организма. Атмосферный воздух постоянно загрязня-

ется углекислым газом, выдыхаемым животными, людьми и другими организмами; газообразными продуктами, образующимися при разложении органических веществ; выхлопными газами автомобилей. Не следует сбрасывать со счетов выбросы промышленных производств, дым от пожаров, почвенную пыль, вулканические извержения.

В природе имеются силы, нейтрализующие вредоносность загрязнений, например ветер, дождь и снег. Громадное значение имеют растения, которые в процессе фотосинтеза поглощают углекислый газ и выделяют кислород. При разрядах молнии и под действием солнечных ультрафиолетовых лучей образуется озон. Являясь окислителем, озон разлагает органические загрязнения и обеззараживает воздух и воду.

Тренировка дыхательных мышц. Этот процесс происходит одновременно с тренировкой сердца и скелетной мускулатуры.

У нетренированных людей легочная вентиляция, определяемая как произведение частоты и глубины дыхания, увеличивается исключительно за счет частоты. Однако максимальная частота дыхания составляет у взрослых около 30 дыхательных движений в минуту.

У человека, который изо дня в день занимается физическим трудом, физкультурой, спортом, легочные объемы и жизненная емкость легких значительно возрастают. Тренированные люди дышат ровно и глубоко даже во время тяжелой физической работы: у стайеров после забега дыхание достаточно быстро успокаивается.

Предупреждение повреждений голосового аппарата. Вследствие ограниченной подвижности хрящей гортани интонация голоса детей не может изменяться в широком диапазоне. Поэтому их попытки, подражая взрослым, брать высокие и низкие ноты могут привести к срыву голоса.

Особенно раним голосовой аппарат в период полового созревания, сопровождаемого *мутацией голоса* (от лат. *мутатио* — изменение, перемена). После мутации голос юношей приобретает специфический тембр. У девушек он мало изменяется.

Заболевания дыхательных путей вызывают изменение голоса, охриплость, серьезные затруднения при произнесении и даже невозможность говорить. Причинами их могут быть переутомление голосового аппарата, пребывание на холоде, простуда, курение, алкоголь, холодная пища.

Вред курения. Курение — причина многих заболеваний. Пуская клубы дыма, курильщик зачастую не знает, что отравляет не только себя, но и окружающих химическим ядом — *никотином*. Табачный дым содержит много других чрезвычайно вредных веществ, например угарный газ, синильную кислоту, бензапирен, сажу. При курении эти вещества проникают в верхние дыхательные пути, оседают на слизистых оболочках и альвеолах, заглатываются со слюной, попадают в желудок.

Почти у всех курильщиков воспалены дыхательные пути, часто развиваются заболевания органов дыхания; одолевает хронический «кашель курильщика». На стенках альвеол оседают частицы дегтя, снижающие эффективность газообмена, а значит и работоспособность.

Курение ежедневно уносит тысячи жизней людей. Поэтому борьба с этим злом выросла в серьезную социальную проблему.

Инфекционные заболевания, передающиеся по воздуху. Наиболее распространены вирусные инфекции — грипп и острые респираторные (дыхательные) заболевания, ангина, туберкулез, дифтерия.

Различают капельные и капельно-пылевые инфекции. Капельные передаются при кашле, чихании, разговоре: с выдыхаемым воздухом вылетают частицы с болезнетворными микроорганизмами. Капельно-пылевые передаются при контакте с предметами, которыми пользовался больной.

Грипп и острые респираторные вирусные инфекции (ОРВИ) передаются воздушно-капельным путем. Вероятность заболеть ими возрастает при переохлаждении тела, ног, головы. Вирусы гриппа поражают весь организм: у заболевшего повышается температура, появляются озноб, головная боль, ломота в теле, кашель и насморк. Симптомы гриппа обусловлены отравлением организма токсинами вируса. Болезнь заразна, требует постельного режима и строгой изоляции больного. Нередко после гриппа возникают осложнения: воспаления бронхов и легких, заболевания сердца. У закаленного человека грипп протекает легче.

Туберкулез (в старину его называли чахоткой) — грозное хроническое заболевание. Его возбудитель — туберкулезная палочка Коха — попадает в легкие всеми возможными путями. Иммунная система обычно подавляет ее активность, но зачастую полностью не уничтожает возбудителя. В неблагоприятных условиях, например в сырых или запыленных помещениях, при недостаточном питании, сниженном иммунитете, болезнь переходит в острую форму: легкие покрываются многочисленными пузырьками, после разрушения которых образуются полости — *каверны*.

Современная медицина добилась больших успехов в профилактике и лечении туберкулеза. Однако число заболеваний им пока велико. Вспышки туберкулеза в мире связаны с ухудшением экологических и социальных условий жизни.

Реанимация. Отравление парами аммиака, хлора и другими химическими веществами рефлекторно прекращает дыхание. Дыхание останавливается у утопленников, после поражения электрическим током, при серьезных травмах. Вскоре останавливается сердце.

Однако смерть наступает не сразу: пока жив мозг, можно восстановить угасающие функции тела. Обратимую фазу наступающей смерти



Рис. 83. Искусственное дыхание и непрямой массаж сердца

называют *клинической смертью*. Она длится всего 5—7 мин, за которые еще можно вернуть человека к жизни. Приемы возвращения к жизни называют *реанимацией*. *Биологическая смерть* наступает вследствие необратимой утраты функций мозга и остановки сердца.

При потере сознания и выключении самостоятельного дыхания применяют *искусственное дыхание*. Наиболее эффективно искусственное дыхание изо рта в рот (рис. 83).

Пострадавшего укладывают на твердую поверхность лицом вверх, голову запрокидывают, зажимают ноздри и, надавливая на подбородок, открывают рот. Оказывающий помощь после глубокого вдоха выдыхает воздух в рот пострадавшему через носовой платок, бинт или марлю. Последующим надавливанием на грудную клетку вызывают принудительный выдох. Действия ритмически повторяют 16—20 раз в минуту до восстановления самостоятельного дыхания.

При остановке сердца искусственное дыхание сочетают с *непрямым массажем сердца*. Оказывающий помощь ладонями надавливает на левую нижнюю область грудной клетки в ритме 60—70 раз в минуту.

При эффективной реанимации восстанавливается пульс, суживаются зрачки, появляется реакция на свет, исчезает синюшная окраска кожи, восстанавливается дыхание.

Вопросы и задания

1. Назовите инфекционные заболевания, передающиеся по воздуху. **2.** Какие меры личной и общественной гигиены надо соблюдать для предупреждения инфекционного заболевания? **3.** Почему курение вредно? **4.** Опишите приемы экстренного проведения искусственного дыхания и непрямого массажа сердца.

Функциональная система поддержания газового гомеостаза

Концентрация газов в межклеточной жидкости постоянна. При любом отклонении от нормы включаются сложные механизмы саморегуляции. Они представляют собой функциональную систему поддержания газового гомеостаза (рис. 84).

Эта система нацелена на поддержание в крови такого уровня кислорода и углекислого газа, который обеспечивает нормальное течение процессов обмена веществ в клетках и тканях.

Достижение этого приспособительного результата зависит от множества условий, процессов и взаимодействий. Функциональная система дыхания учитывает такие важные показатели, как напряжение кислорода и углекислого газа в крови и межклеточной жидкости, температуру тела, психическое состояние и многие другие.

Дыхательный центр включает структуры спинного и продолговатого мозга, моста, гипоталамуса, мозжечка и коры. Он запускает механизм внешнего и внутреннего звеньев саморегуляции, оказывает влияние на все функции организма и поведение.

Внешнее звено — это прежде всего внешнее дыхание, которое определяется легочной вентиляцией: глубиной и частотой дыхания и жизненной емкостью легких. Внешнее звено активизирует деятельность сердечно-сосудистой системы и вызывает дополнительный выброс крови из кровяного депо.

Внутреннее звено — это деятельность сердца, давление и скорость движения крови, количество эритроцитов и гемоглобина, интенсивность потоотделения и выделительной функции почек. Однако механизмы внутреннего звена только ограниченное время поддерживают газовый гомеостаз, их ресурс невелик, поэтому при любых отклонениях мобилизуется внешнее звено.

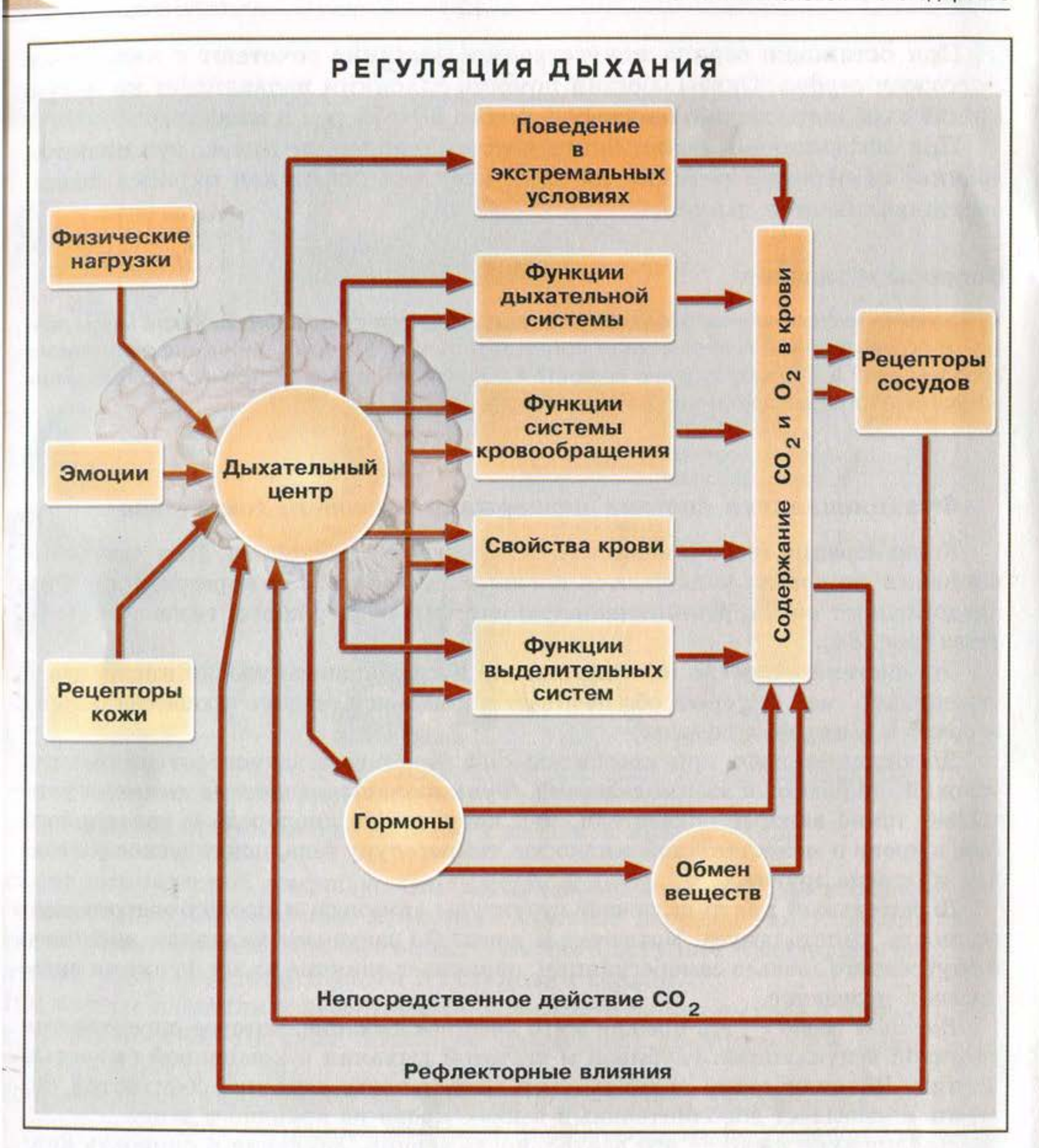


Рис. 84. Функциональная система газового гомеостаза

Слаженное взаимодействие внешнего и внутреннего звеньев саморегуляции обеспечивает тонкую адаптацию организма в изменяющихся условиях существования.

Вопросы и задания

1. Что представляет собой внешнее звено саморегуляции дыхания? **2.** Назовите элементы внутреннего звена саморегуляции дыхания? **3.** Почему возможности внутреннего звена ограничены? **4.** Как осуществляется взаимосвязь внешнего и внутреннего звеньев саморегуляции?

Темы сообщений и рефератов

1. Особенности дыхания человека на высоте и в космосе.
2. Чем дышат водолазы?
3. Дыхательная гимнастика служит здоровью человека.

ПИЩЕВАРЕНИЕ



Немного истории...

1685 г. *Датский ученый-энциклопедист — анатом, физик и философ К. Бартолин (младший) первым изучил подъязычную железу и ее протоки.*

1745 г. *Немецкий анатом И. Либеркюн опубликовал работу «О строении и функции ворсинок тонких кишок», в которой описал кишечные железы.*

1836 г. *Немецкий гистолог Т. Шванн открыл в желудочном соке фермент пепсин, а в 1844 г. экспериментально доказал роль печени и желчи в процессе пищеварения.*

1904 г. *За выдающиеся заслуги по исследованию пищеварения И. П. Павлову была присуждена Нобелевская премия.*

1967 г. *Российский ученый А. М. Уголев разработал мембранную теорию пищеварения.*

§ 51. Питание и пищеварение



Почему необходимо питание?

Питание. В процессе жизнедеятельности человек совершает различную физическую или умственную работу. Даже в состоянии полного покоя во время сна работа всех внутренних органов не приостанавливается.

Жизнедеятельность организма невозможна без постоянного восполнения его вещественных и энергетических затрат. Различные химические соединения, которые используются для роста, развития и воспроизводства, поступают с пищей. Жизнь без пищи невозможна.

Питание — совокупность процессов, включающих поступление, переваривание, всасывание и усвоение организмом питательных веществ, необходимых для поддержания нормальной жизнедеятельности. Питание — составная часть обмена веществ.

Питательные вещества и пищевые продукты. Жизненно необходимые составные части пищи, используемые организмом для построения живого вещества клеток и получения энергии, называют *питательными веществами*. Основные питательные вещества — белки, жиры и углеводы. Для полноценного существования нужны также витамины, органические кислоты, вода и минеральные соли. Питательные вещества должны поступать в необходимом качественном и количественном составе, соответствующем условиям существования и состоянию организма.

Все питательные вещества поступают в организм в виде пищевых продуктов. Эти продукты животного и растительного происхождения используются в обработанном и в необработанном виде. Животные продукты содержат в основном белки и жиры, а растительные — главным образом углеводы.

В отдельную группу можно выделить кондитерские изделия, которые содержат большое количество углеводов и жиров.

Для придания пище определенных качеств используют пищевые добавки: красители (шафран), ароматические вещества (ваниль, перец, эфирные масла), пищевые кислоты (лимонную, яблочную, уксусную).



Где происходит пищеварение?

Пищеварение. Большинство продуктов питания не может использоваться организмом без предварительной обработки. Процесс физического и химического изменения пищи до состояния, пригодного к последующему всасыванию в кровь и использованию организмом, называют *пищеварением*.

Физическая обработка пищи заключается в ее измельчении и растворении. Химическая — в расщеплении сложных органических соединений с участием ферментов и превращении их в растворимые и доступные организму.

Пищеварительный канал. Пищеварение совершается в *пищеварительном канале*, длина которого составляет около 8 м (рис. 85). Снаружи он покрыт соединительнотканной оболочкой. Под ней залегают слои гладких мышц. Некоторые его отделы — ротовая полость, глотка, верхняя часть пищевода, прямая кишка — образованы поперечно-полосатой мышечной тканью. Внутренняя оболочка — слизистая, ее микроскопические железки выделяют пищеварительные ферменты и слизь. Вблизи пищеварительного канала находятся крупные *пищеварительные железы*: три пары *слюнных желез*, *печень*, *поджелудочная железа*. По протокам этих желез секреты поступают в полость канала.

В пищеварительном канале выделяют несколько отделов: *ротовую полость*, *глотку*, *пищевод*, самую широкую часть пищеварительного канала —

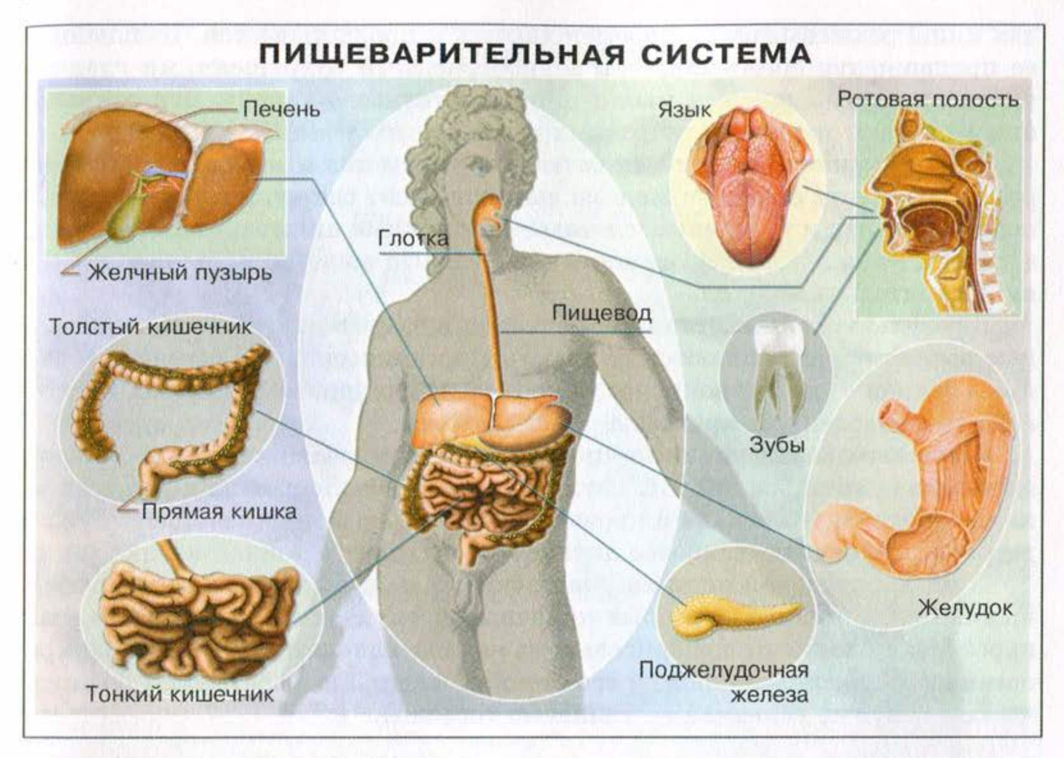


Рис. 85. Органы пищеварительной системы

желудок, *тонкую* и *толстую кишки*. Отдел тонкой кишки, расположенный сразу за желудком, называют *двенадцатиперстной кишкой* (его длина примерно равна общей ширине двенадцати пальцев). За ней следуют длинная *тощая* и *подвздошная кишки* (5—6 м), петлями уложенные в брюшной полости. Бóльшая часть приходится на тощую, меньшая — на подвздошную.

Толстая кишка начинается *слепой кишкой* с червеобразным отростком — *аппендиксом*. Воспаление аппендикса называют *аппендицитом*. Затем толстая кишка слегка восходит вверх, переходит на левую сторону тела, опускается вниз и заканчивается *прямой кишкой*.

Бóльшая часть пищеварительного канала, начиная с нижнего отдела пищевода, помещается в брюшной полости.

Функции пищеварительной системы. Основные функции органов пищеварения — секреторная, всасывательная и двигательная.

Двигательная функция начинается с момента попадания пищи в ротовую полость. Благодаря сокращениям жевательных мышц и языка твер-

дая пища разжевывается, перемешивается и проглатывается. Дальнейшее ее продвижение обеспечивается волнообразными сокращениями гладких продольных и кольцевых мышц пищеварительного канала. Эти сокращения называют перистальтическими или *перистальтикой*.

Одновременно с механическим измельчением пищи осуществляется секреция. При этом слюнные железы вырабатывают слюну, железы желудка, поджелудочная и кишечные железы — различные пищеварительные соки, а печень — желчь. За сутки пищеварительные железы выделяют до 10 л пищеварительных соков.

В результате воздействия ферментов пищеварительных соков питательные вещества расщепляются до простых органических соединений. Молекулы белков — до аминокислот, жиров — до глицерина и жирных кислот, а крупные молекулы крахмала — до глюкозы.

Всасывательная функция — поступление образовавшихся аминокислот, глицерина, жирных кислот, глюкозы, воды и минеральных веществ из пищеварительного канала в кровь и лимфу. Всасывание начинается уже в ротовой полости, но наиболее активно происходит в тонкой кишке.

Пищеварительная система участвует также в выделении непереваренных остатков пищи, некоторых конечных продуктов обмена веществ и лекарств. В полости пищеварительного канала находятся полезные микроорганизмы. Расположенные в его стенках железы вырабатывают биологически активные вещества — тканевые гормоны.

Вопросы и задания

1. Что такое питание? **2.** Чем отличаются питательные вещества от пищевых продуктов? **3.** Назовите группы, на которые подразделяют продукты питания. **4.** Перечислите основные органы пищеварительной системы. **5.** Каковы главные функции органов пищеварения?

§ 52. Пищеварение в ротовой полости



Что происходит с пищей в ротовой полости?

Ротовая полость. Начальный отдел пищеварительного канала образован спереди зубами и губами, сбоку — щеками, сверху — твердым и мягким нёбом, снизу — мышцами, а сзади открывается в глотку (рис. 86).

Зубы служат для механической обработки пищи, участвуют в образовании звуков речи. Каждый зуб имеет выступающие *коронку*, *шейку* и находящиеся в лунке челюстной кости один или несколько *корней*. Коронка зуба покрыта твердой *эмалью*, а шейка — *цементом*, которые предохраняют зубы от стирания и проникновения микробов. Основная структура зуба —

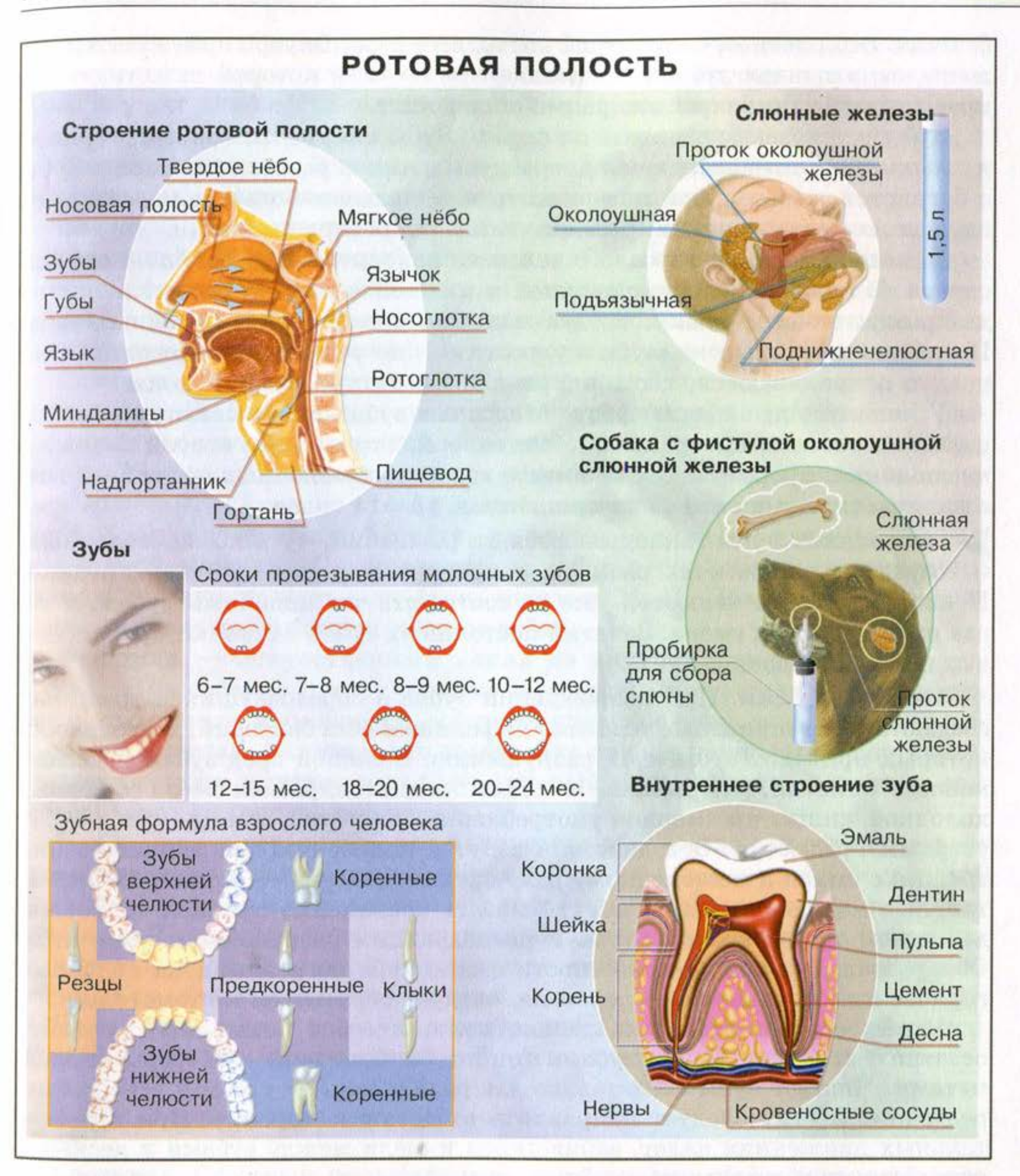


Рис. 86. Органы ротовой полости

дентин. Это плотное, похожее на кость, вещество. Внутри зуба имеется полость, заполненная зубной мякотью — *пульпой*, в которой разветвляются кровеносные капилляры и нервные окончания.

Зубы у человека различны по форме. Зубы с острыми краями — *резцы* и *клыки*. Они предназначены для откусывания и разрезания пищи. Зубы с бугристой жевательной поверхностью — малые и большие *коренные* — служат для раздробления, размельчения и перетирания пищи.

В каждой челюсти взрослого человека находится 16 зубов, по 8 слева и справа. В каждой половине верхней и нижней челюстей расположены по два резца, одному клыку, по два малых и три больших коренных зуба. Последние коренные — «зубы мудрости» — не участвуют в жевании. Они поздно прорезываются, часто искривлены и быстро разрушаются.

У человека две смены зубов. *Молочные* зубы прорезываются у малышей в возрастном интервале 6 месяцев — 2,5 года. Зубы второй смены — *постоянные*, прорезываются на месте выпавших молочных после 6—7 лет, а окончательная их смена завершается к 12—14 годам.

▶ Постоянные зубы закладываются до рождения, чуть позже молочных. С возрастом изменяются размеры и пропорции лица, характер питания. Прежние размеры челюстей уже не соответствуют молочным зубам, и тогда происходит их смена. Зачатки постоянных зубов начинают прорастать, выдавливая молочные. ◀

Уход за зубами. При повреждении зубов в образовавшихся трещинах создаются благоприятные условия для размножения бактерий, деятельность которых приводит зубы к их разрушению. Большой вред зубам и деснам наносят никотин, разгрызание твердых предметов, резкая смена горячей и холодной пищи, чрезмерное употребление сладостей, ковыряние в зубах твердым предметом. Эти действия ведут к появлению микроскопических трещин в эмали и постепенному разрушению дентина — *кариесу*. Болезнетворные микроорганизмы могут вызвать воспаление пульпы, сопровождающееся острой зубной болью и последующим разрушением всего зуба. Обнаружив нарушение целостности эмали зуба по реакции на холодное, горячее или механическое действие, следует обратиться к стоматологу.

Чтобы сберечь зубы, тщательно полощите рот после еды, удаляйте остатки застрявшей между зубами пищи зубной щеткой, а не острыми предметами. Чистите зубы обязательно два раза в день — утром и вечером перед сном. Щетку следует направлять от десны к коронке. При горизонтальных движениях налет, забившийся в щели между зубами и деснами, способствует образованию «зубных камней».

Язык — мышечный орган, покрытый слизистой оболочкой, богато снабженный сосудами и нервами. Он связан с центральной нервной системой чувствительными и двигательными волокнами, проходящими в составе

четырех черепных нервов из двенадцати. Слизистая оболочка языка изобилует чувствительными клетками, воспринимающими вкусовые раздражения. Язык служит для передвижения пищи в процессе жевания и измельчения, участвует в глотании, речи, на нем расположены вкусовые рецепторы.

Слюнные железы. В полость рта открываются выводные протоки трех пар крупных слюнных желез и многочисленных мелких.

Слюна — это бесцветная, слегка мутноватая жидкость со слабощелочной реакцией. За сутки вырабатывается до 1,5 л слюны. Ее функции определяются белковым составом: *лизоцим* обладает бактерицидным действием, *муцин* — участвует в образовании пищевого комка, а ферменты *амилаза* и *мальтоза* расщепляют сложные углеводы до глюкозы.

Слюноотделение начинается с детства, сразу после рождения, и идет непрерывно. Во время еды секреция слюны рефлекторно усиливается: раздражение рецепторов ротовой полости возбуждает центры слюноотделения, находящиеся в продолговатом мозге. Сигналы из него поступают к слюнным железам. В течение жизни вырабатываются условные рефлексы на запах и вид употребляемой пищи, на время ее приема, стимулы второй сигнальной системы. Слюноотделение начинается еще до поступления пищи в ротовую полость. Это было доказано И. П. Павловым в экспериментах с фистулой слюнной железы собак.

Фистула — искусственный канал из внутреннего органа наружу. В опытах на собаках проток железы выводили на внешнюю поверхность щеки, что давало возможность собирать чистую слюну, определять ее количество и состав. Заметив, что выделение слюны начинается еще до поступления пищи в ротовую полость, ученый применил эту методику для исследования условных рефлексов.

И. П. Павлов установил, что количество и качество слюны зависят от характера пищи: разная пища действует не на одни и те же рецепторы ротовой полости, а слюнные железы секретируют неодинаковую по составу слюну. Так, сухая углеводная пища вызывает интенсивную секрецию водянистой слюны, богатой ферментами, тогда как мясная — секрецию небольшого объема слизистой слюны.

Итак, попавшая в ротовую полость пища измельчается, увлажняется слюной и превращается в скользкий, легко глотаемый пищевой комок.



Как происходит глотание?

Глотание. Сложный рефлекторный акт глотания обеспечивает проталкивание пищевого комка в глотку. *Глотка* — суживающаяся и переходящая в пищевод воронкообразная часть пищеварительного канала. Пищевой комок движениями языка перемещается к его корню и раздражает

находящиеся там рецепторы. По чувствительным волокнам нервов возбуждение достигает глотательного центра продолговатого мозга, и из него по двигательным волокнам тех же нервов поступают команды к мышцам глотки и гортани. При их сокращении мягкое нёбо (маленький язычок) поднимается и закрывает верхнюю, сообщающуюся с носовой полостью часть глотки — носоглотку. Надгортанник опускается и, как клапан, прикрывает гортань, а пищевой комок языком проталкивается в глотку.

При отсутствии пищи или жидкости, раздражающих рецепторы корня языка, глотание не происходит. Этот факт свидетельствует о рефлекторной природе глотания.

Возбуждение центра глотания тормозит рядом расположенный дыхательный центр и активирует центр сердечной деятельности. Поэтому в момент глотания наблюдается рефлекторная задержка дыхания и учащение сердцебиений.

Из глотки пищевой комок попадает в пищевод — мышечную трубку, проходящую через грудную полость и диафрагму к желудку. Дальнейшее продвижение пищевого комка происходит за счет перистальтики стенок пищевода.

Вопросы и задания

1. Из каких частей состоит зуб? **2.** Почему кислый черный хлеб после длительного жевания становится сладким? **3.** Какой метод применил И. П. Павлов для изучения секреции пищеварительных желез? **4.** Выполните практическую работу № 10 (с. 279).



Представьте себе, что вы разрезали лимон на дольки и кладете их в рот. Что вы ощущаете? Что и почему происходит в это время в вашем организме?

Для любознательных

Зубной цемент на треть состоит из органических веществ и более чем наполовину из фосфата кальция. Остальное приходится на долю карбонатов и фторидов кальция и магния.

В состав дентина зуба входят 64% минеральных солей, 28% органических веществ и 8% воды.

§ 53. Пищеварение в желудке



Как происходит регуляция пищеварения в желудке?

Желудок — грушевидное расширение пищеварительного канала в левой части брюшной полости под диафрагмой. Размер его зависит от количества съеденного: он может вместить до 3 л пищевой массы, которая находится в нем от 4 до 8 ч.

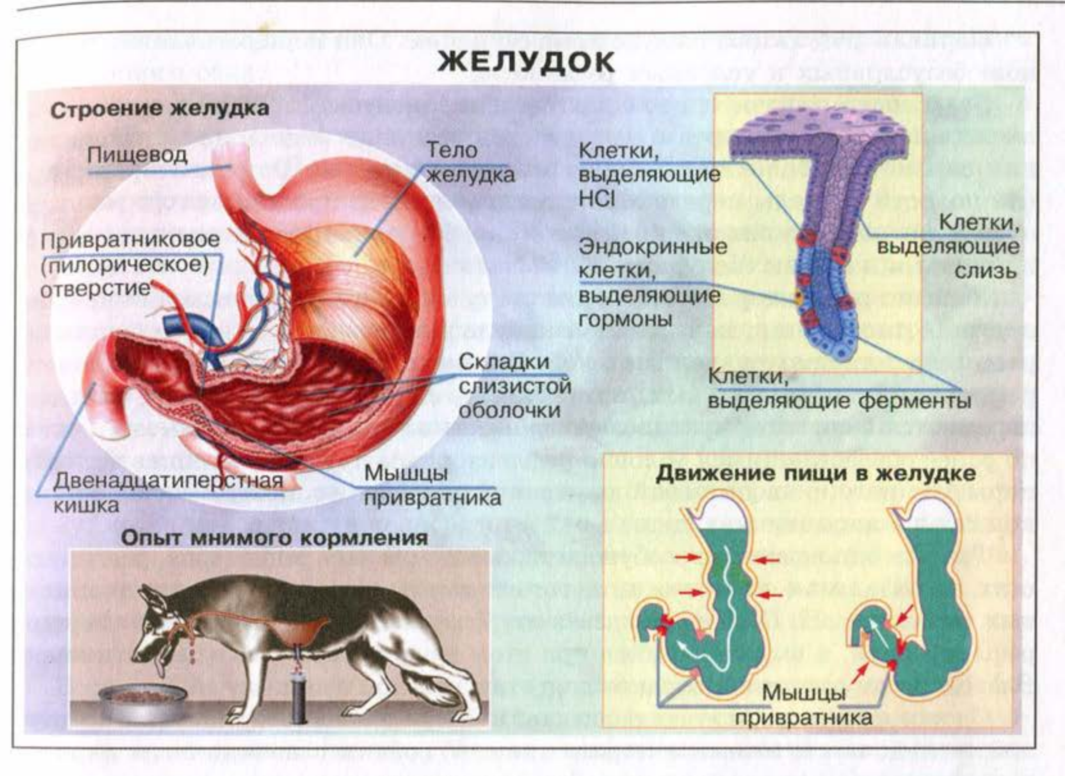


Рис. 87. Пищеварение в желудке

Гладкомышечная оболочка желудка трехслойна (рис. 87). Ее активное сокращение обеспечивает продвижение и перемешивание содержимого. Многочисленные микроскопические железы слизистой оболочки вырабатывают желудочный сок. Одни железы секретируют ферменты пепсин и липазу, другие — соляную кислоту, а третьи — слизь. За сутки вырабатывается 1,5—2 л желудочного сока.

Пепсин «разрубает» крупные молекулы белка на отдельные фрагменты и аминокислоты. *Липаза* расщепляет жиры на глицерин и жирные кислоты. Превращение белков происходит только в присутствии *соляной кислоты* — она активирует ферменты. Помимо того, кислота убивает проникшие в желудок болезнетворные микроорганизмы. *Слизь* предохраняет стенки желудка от механических и химических повреждений.

В желудке начинается всасывание простых соединений. Отсюда в организм поступают вода, минеральные соли, лекарства. Через желудок в составе желудочного сока выводятся некоторые продукты обмена веществ: мочевина и молочная кислота.

Нервная регуляция желудочной секреции. Она осуществляется на основе безусловных и условных рефлексов.

Безусловно-рефлекторное сокоотделение начинается с момента поступления пищи в полость рта и усиливается при непосредственном раздражении слизистой оболочки желудка пищевым комком. От рецепторов ротовой полости сигналы передаются в пищевой центр продолговатого мозга, а оттуда по парасимпатическим волокнам блуждающего нерва поступают команды к железам желудка.

Условно-рефлекторное отделение желудочного сока происходит при отсутствии пищи в пищеварительном канале и вызывается ее видом, запахом, рассказом или представлением о ней. Оно осуществляется по дуге условного рефлекса. От обонятельных, зрительных, слуховых рецепторов сигналы передаются в соответствующие сенсорные зоны коры головного мозга, далее по ранее образовавшимся условно-рефлекторным путям — в пищевой центр коры, из него — в пищевой центр продолговатого мозга, посылающий команды к железам желудка.

Так как одновременно возбуждается много разных рецепторов, реагирующих на отдельные качества пищевого стимула, то возникает много пищевых рефлексов. И. П. Павлов назвал эту фазу желудочной секреции сложнорефлекторной, а выделяющийся при этом желудочный сок — аппетитным. Благодаря ему желудок заранее подготавливается к приему пищи.

Сложнорефлекторное сокоотделение было доказано в опытах с фистулой желудочка и мнимым кормлением. У собаки с выведенным наружу пищеводом регистрировали желудочную секрецию, несмотря на то что проглоченная пища не попадала в желудок. Для исследования количества и качественного состава сока, выделяемого в процессе пищеварения в желудке и кишечнике, И. П. Павлов разработал оригинальную методику «изолированного желудочка». Небольшую часть желудка отделяли от остальной, не повреждая связывающие их нервы и кровеносные сосуды, и сшивали в мешочек. Из этого маленького изолированного желудочка через фистулу собирали чистый желудочный сок в то время, когда в основной его части и в кишечнике протекало естественное пищеварение.

Гуморальная регуляция желудочной секреции. Такая регуляция осуществляется биологически активными веществами, вырабатываемыми эндокринными клетками желудка и кишечника, т. е. гормонами, и веществами, образующимися в процессе переваривания пищи. Так, обильное сокоотделение вызывают мясные бульоны и овощные отвары. Исключать их из пищевого рациона нельзя, ибо они настраивают желудок к последующему перевариванию второго блюда.

➤ Активность и состав желудочного сока зависят от характера пищи: на хлеб выделяется больше пепсина, чем на мясо, а на молоко — меньше.

С увеличением количества съеденной пищи возрастает объем выделяемого желудочного сока.

Желудочное сокоотделение начинается еще до поступления пищи в желудок, продолжается во время нахождения ее в нем и даже после перехода в кишечник. Поэтому выделяют три фазы желудочной секреции: сложно-рефлекторную, желудочную и кишечную.

Поступление пищи в кишечник. Белки перевариваются довольно быстро, тогда как жиры могут задерживаться на 8—10 ч. Углеводы продолжают расщепляться под действием ферментов слюны только внутри пищевого комка, куда еще не проник кислый желудочный сок и где сохранилась щелочная среда. Образовавшаяся в желудке полужидкая кашица перистальтическими движениями медленно передвигается к его суженной выходной части и время от времени небольшими порциями выталкивается в двенадцатиперстную кишку.

Вредные влияния на пищеварение. Алкоголь, отравляя нервную систему, через нее, а также непосредственно влияет на переваривание пищи в желудке. Спиртные напитки обезвоживают клетки слизистой оболочки, снижают активность ферментов, а значит, и усвояемость пищи. Люди, злоупотребляющие алкоголем, часто страдают хроническим *гастритом* — воспалением слизистой оболочки.

Воспалению слизистой оболочки, а также возникновению язвенной болезни и злокачественных образований способствует курение. Никотин приостанавливает перистальтику, угнетает деятельность органов пищеварения. Очень вредно курение натощак, перед едой и сразу после нее. Одновременно курить и пить кофе также вредно, так как кофеин и без никотина тормозит функции пищеварительной системы.

В обиход молодежи вошли пиво и «жвачка». Пиво, выпитое натощак, рефлекторно усиливает секрецию желудка. Однако вследствие его щелочной реакции нарушается кислотность желудочной среды, а в отсутствие белковой пищи ферменты желудочного сока разрушают стенки желудка.

Жевание резинки рефлекторно усиливает желудочную секрецию, и при пустом желудке весьма активные ферменты желудочного сока атакуют его стенки. Может случиться так: есть что жевать белоснежными зубами, но нечем переваривать — одолевают болезни желудка и кишечника. Жевательной резинкой следует пользоваться только после еды, а не «с голоду». По этой причине не следует принимать натощак и некоторые лекарства — обезболивающие и другие, содержащие кислоты.

Вопросы и задания

1. Что представляет собой желудок и где он находится? **2.** Какие изменения происходят с пищей в желудке? **3.** Что удалось выяснить И. П. Павлову в опытах с фистулой

желудочка и мнимым кормлением? **4.** Объясните, почему алкоголь и никотин отрицательно воздействуют на слизистую оболочку желудка.


При язве желудка у больного нередко удаляют часть этого органа. Переваривание каких веществ будет затруднено у оперированного? Свой ответ аргументируйте.

§ 54. Пищеварение в кишечнике. Всасывание


Что происходит с пищей в кишечнике?

Деятельность кишечника. Полное переваривание пищи и всасывание происходят в кишечнике. Эти процессы начинаются в полости его короткого начального отдела — двенадцатиперстной кишке. Здесь пищевая кашица подвергается действию кишечного сока, вырабатываемого кишечными железами, и поступающими через протоки секретами двух больших желез — поджелудочной и печени. За сутки выделяется по 1 л кишечного и поджелудочного соков и желчи из печени. Ферменты кишечника переваривают белки, жиры и углеводы до конечных продуктов.

Поджелудочная железа. Длинная (10—12 см) бледно-розовая поджелудочная железа расположена позади желудка (см. рис. 29). Железистые клетки ее секретируют поджелудочный сок — бесцветную жидкость слабощелочной реакции, содержащую ферменты, расщепляющие органические вещества: *трипсин* расщепляет остатки белков, *липаза* — жиры, а *амилаза* — крупные молекулы углеводов.

Поджелудочная железа — чрезвычайно важный орган пищеварения, участвующий и в эндокринной регуляции. Ее болезни тяжело отражаются на состоянии всего организма.

Печень. Это самая крупная железа организма, расположенная под диафрагмой, преимущественно в правой стороне брюшной полости. Объемистая, массой до 1,5 кг, мягкая и богатая кровью печень разделена на две доли — большую правую и значительно меньшую левую. Вся кровь от кишечника проходит через этот орган по капиллярам воро́тной системы. Печень выполняет барьерную функцию — обезвреживает вещества, которые попали из кишечника или образовались в результате обменных процессов (рис. 88). В печени образуется желчь, которая накапливается в желчном пузыре, а после приема пищи через протоки изливается в двенадцатиперстную кишку.

Желчь содержит специфические желчные кислоты и пигменты, придающие ей характерный желто-зеленый цвет и горький вкус. Желчные пигменты образуются при распаде гемоглобина и выводятся вместе с мочой и калом.

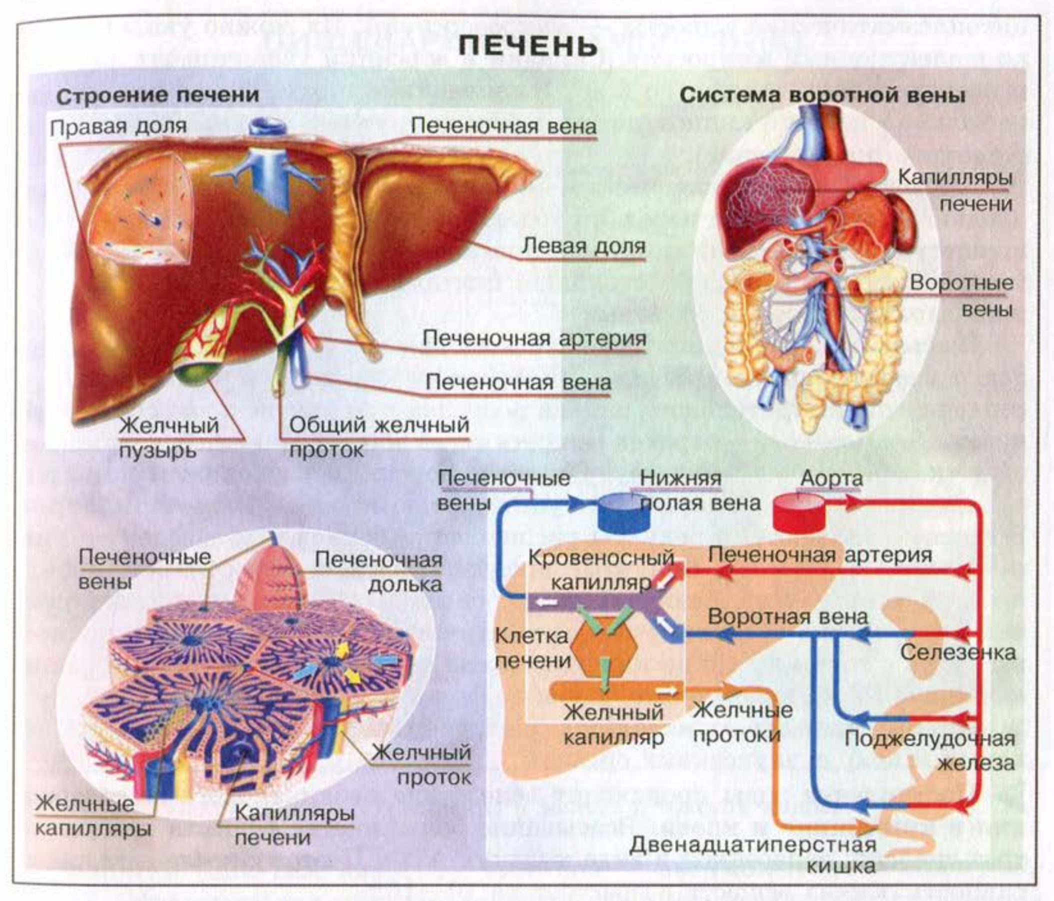


Рис. 88. Строение и функции печени

Желчь усиливает перистальтику кишечника и активность всех ферментов поджелудочной железы, обезвреживает некоторые микроорганизмы, облегчает переваривание и всасывание жиров. Под влиянием желчи жиры раздробляются на мелкие капли. Благодаря этому увеличивается поверхность соприкосновения их с липазами.

Чрезвычайно велика роль печени в углеводном, жировом и белковом обменах, биосинтезе веществ, теплопродукции, запасании углеводов и других веществ.

Тонкая кишка. Слизистая оболочка тонких кишок образует многочисленные круговые складки и наподобие бархата сплошь покрыта микроскопическими выступами эпителия — *ворсинками* (рис. 89). Стенка ворсинки образована однослойным железистым эпителием, клетки которого имеют

цитоплазматические выросты — ***микроворсинки***. Их можно увидеть только в электронный микроскоп. Складки и ворсинки увеличивают внутреннюю поверхность кишок до 5 $м^2$. В кишечнике пищеварение происходит не только в полости кишки (полостное пищеварение), но и на стенках (пристеночное пищеварение).

Благодаря перистальтическим сокращениям мышц пищевая кашица продвигается то вперед-назад, то только вперед. Совершая такие возвратно-поступательные движения, кашица постоянно перемешивается. Перемешивание обеспечивает постоянный контакт кишечного содержимого с пищеварительными ферментами.

Всасывание. В результате совместного действия ферментов получаются легко всасывающиеся вещества. По мере образования они через слизистую оболочку пищеварительного канала поступают во внутреннюю среду организма. *Всасывание* — переход веществ через ворсинки и мембраны животных тканей в кровь и лимфу. В центре ворсинки расположен лимфатический капилляр, оплетенный густой сетью кровеносных капилляров. В кровь всасываются продукты расщепления белков и углеводов — аминокислоты и глюкоза. Конечные продукты расщепления жиров, пройдя через ворсинку, соединяются и образуют жиры, свойственные организму человека. Жиры всасываются в лимфатические капилляры. Всосавшиеся вещества с током крови по кишечной вене поступают в печень, где из них синтезируются свойственные человеку белки и углеводы.

Готовые жиры сразу используются организмом или накапливаются под кожей и вокруг внутренних органов.

➤ Поступление воды происходит вследствие неодинакового ее содержания в кишечнике и крови. Всасывание большинства веществ требует затрат энергии, запасенной в виде молекул АТФ. Поэтому после еды интенсивность обмена веществ возрастает на 10—15%.

Всасыванию способствует сокращение гладкомышечных волокон ворсинок, во время которого содержимое продавливается в лимфатические и кровеносные капилляры. ◄

Пищеварение в толстой кишке. Поступившие из тонкой кишки непереваренные остатки в течение примерно 12 ч проходят по толстой кишке. За это время частично всасывается вода, происходит брожение неусвоенных углеводов, главным образом, растительной клетчатки. Железы толстой кишки выделяют кишечный сок. Его малоактивные ферменты действуют на углеводы, но пищеварение в толстой кишке связано с наличием микрофлоры — бактерий, которые попадают в кишечник вместе с пищей. Благоприятные условия с постоянной температурой, влажностью, щелочной или нейтральной средой способствуют размножению кишечной палочки, бифидобактерий и других микроорганизмов. Все они

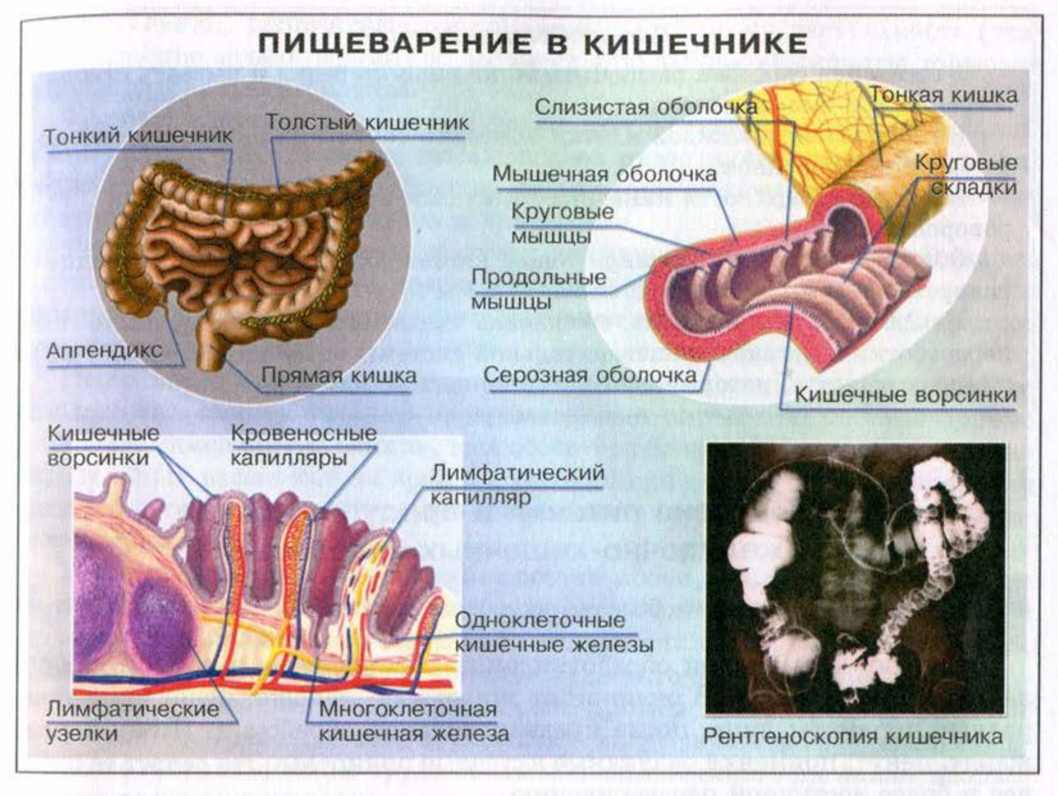


Рис. 89. Пищеварение в тонкой и толстой кишке

симбионты (как вам известно, симбиоз — взаимовыгодное сожительство). Образующаяся при расщеплении клетчатки глюкоза всасывается в кровь.

Непереваренные остатки формируют кал, третью часть которого составляют микроорганизмы. Через прямую кишку кал (фекалии) удаляется наружу. Опорожнение прямой кишки — *дефекация*. Это сложный рефлекторный акт. Регулирующий его центр находится в крестцовом отделе спинного мозга и контролируется корой больших полушарий.

Вопросы и задания

1. Опишите состав и действие пищеварительных ферментов в двенадцатиперстной кишке. **2.** Как внутренняя поверхность тонкой кишки приспособлена к всасыванию питательных веществ? **3.** В каком виде всасываются белки, жиры и углеводы? **4.** Объясните процессы, протекающие в толстой кишке.

Для любознательных

1 г пепсина способен расщепить 50 кг яичного белка и вызвать створаживание 100 тыс. л молока.

На поверхности каждой клетки эпителия тонкой кишки находится до 4 тыс. микроворсинок.

На 1 мм^2 поверхности кишечного эпителия приходится до 50 млн микроворсинок.

Общая поверхность ворсинок тощей кишки составляет 37 м^2, двенадцатиперстной — 1,3 м^2, подвздошной — 5,3 м^2.

Из 2,0—2,5 кг продуктов, ежедневно съедаемых человеком, после их переработки в органах пищеварительной системы остается 150—300 г ненужных веществ, которые выводятся из организма.

§ 55. Гигиена питания и предупреждение желудочно-кишечных заболеваний



Как предупредить болезни органов пищеварения?

Значение кулинарной обработки пищи заключается в том, чтобы облегчить пищеварение. В отличие от животных, человек использует природные продукты лишь после предварительной обработки. Пищу варят, жарят, пекут, применяя различные вкусовые приправы. Это делает ее вкуснее и более доступной перевариванию.

Сырые и вареные блюда обладают неодинаковыми полезными свойствами, а потому они должны чередоваться и взаимно дополнять друг друга. Питание должно строиться с учетом энергозатрат, профессии и особенностей организма.

Большое влияние на характер питания оказывают национальные традиции, религиозные вероучения, этнические обычаи. Они обобщают многовековой опыт кулинарии, учитывая те конкретные условия, в которых находится та или иная группа людей.

Аппетит. Полезна та пища, которую человек съедает с аппетитом. Ощущение аппетита проявляется в желании поесть, переходящем в чувство голода. Оно зависит от количества слюны и желудочного сока, выделяемого перед едой. При хорошем аппетите соковыделение обильнее, желудок напряжен, движения кишок интенсивны. Пробуждению аппетита способствуют красиво поданная пища с приятными запахом и видом, аккуратная сервировка стола, а также спокойное состояние самого человека, его нервной системы. Отрицательные эмоции, стресс, физическое и умствен-

ное утомления, неприятные разговоры и посторонняя деятельность (чтение, решение задачи и т. п.) во время еды по закону доминанты тормозят пищеварительные рефлексы.

«Аппетит приходит во время еды»: при длительном пережевывании усиливается сокоотделение, измельченная пища лучше усваивается. Аппетит усиливают мясные бульоны, овощи (они механически раздражают желудок), слабоострые и кислые приправы.

Режим питания. В течение суток активность человека неодинакова: в первую половину дня она достигает максимума, затем снижается и своего минимума достигает ночью. Соответственно потребность в пище в разное время суток различна.

Необходимо правильно организовать *режим питания* и тщательно соблюдать его. Режим питания предусматривает определенные часы приема пищи, регламентирует рацион, способствует образованию условных пищеварительных рефлексов на время и условия приема пищи. Беспорядочная еда вредно отражается на здоровье и может привести к заболеваниям органов пищеварения.

Нерегулярное питание изменяет состав крови, неблагоприятно влияет на нервную систему. Длительные перерывы в еде нарушают функции пищеварительной системы. Ощущение голода снижает работоспособность, вызывает головокружение по причине недостаточного питания мозга.

Частая и обильная еда перегружает органы пищеварения. Вредные привычки есть на ходу или всухомятку могут повлечь заболевание желудка — гастрит. Режим труда обязывает обеспечивать организм необходимым количеством пищи.

Наиболее рационально для взрослых здоровых людей трехразовое питание. Для школьников и подростков — четырехразовое. При этом 25—30% полагающейся в день пищи необходимо съедать за завтраком, 35—40% — за обедом, а оставшиеся 30% разделить между полдником и ужином. Привычка не завтракать вредна: утром и в обед пища лучше усваивается.

Неинфекционные заболевания системы пищеварения. Несоблюдение режима, еда всухомятку или в спешке, на ходу, злоупотребление спиртным и курение могут привести к заболеваниям органов пищеварения.

Наиболее частое неинфекционное заболевание системы пищеварения *гастрит* — воспаление слизистой оболочки стенки желудка. При гастрите нарушается пищеварение и секреция желез желудка. У больных снижается аппетит, а после еды появляются боли в желудке, жжение, тошнота.

Гастрит может стать причиной развития более серьезных заболеваний, например *язвы желудка* или *двенадцатиперстной кишки*. Эти хронические (длительные) заболевания обусловлены нарушением нервных и гумораль-

ных механизмов регуляции их секреторной деятельности. Язвы могут развиваться и при продолжительных отрицательных эмоциях, стрессах. Для язвенной болезни характерны сильные боли, возникающие через некоторое время после еды или натощак (голодные боли), изжога, иногда рвота.

Нерациональное питание, недостаток в пище белков и витаминов, отравление лекарствами, химическими веществами, длительное употребление больших доз алкоголя могут привести к поражению печени — *циррозу*. При циррозе клетки печени разрушаются, и орган теряет способность выполнять барьерные функции, поддерживать гомеостаз — больной умирает.

Пищевые отравления. Инфекционные заболевания пищеварительной системы. Использование недоброкачественных или несвежих продуктов может вызвать пищевое отравление. Чаще всего оно возникает после употребления ядовитых грибов, несвежих колбасных и молочных продуктов, консервов и др. Признаками отравления являются головокружение, обморочное состояние, боли в животе, рвота, понос. После промывания желудка и приема слабительного больному надо положить грелку к рукам и ногам, давать обильное питье, лучше молоко: его белки нейтрализуют пищевые токсины. Пострадавшему необходимо обратиться к врачу.

В пищеварительную систему вместе с недоброкачественной или плохо обработанной пищей могут попасть болезнетворные микроорганизмы. Некоторые из них обезвреживаются в пищеварительном канале под действием слюны, соляной кислоты и желчи. Другие, более устойчивые, интенсивно размножаются. Выделяемые этими возбудителями яды нарушают пищеварение, вызывают тяжелые отравления, кишечные кровотечения.

К числу таких заболеваний относят дизентерию, брюшной тиф, холеру. Заболевших людей немедленно госпитализируют, а помещение, где находились больные и их вещи, обязательно дезинфицируют (обеззараживают). Против брюшного тифа и других инфекций широко применяются профилактические прививки.

Глистные заболевания. Поражение организма человека глистами связано с особенностями и условиями быта, характером питания. *Глисты* — паразитические черви, чаще всего аскариды и острицы, наносят серьезный ущерб здоровью. Питаясь содержимым кишечника, они истощают организм. Часто наблюдается хроническое отравление ядами, выделяемыми паразитами.

Заражение глистами происходит при употреблении недостаточно прожаренного или проваренного мяса, рыбы, немытых овощей и фруктов, сырой воды. Необходимо соблюдать правила личной гигиены — мыть руки с мылом перед едой, после посещения туалета и после общения с домашними животными.

Большинство инфекционных и глистных заболеваний являются следствием одной болезни — «болезни грязных рук и нечистоплотности».

Профилактика, своевременное выявление и лечение желудочно-кишечных заболеваний — обязательное условие нормального функционирования организма.

Вопросы и задания

1. Объясните значение кулинарной обработки пищи. **2.** Какой режим питания наиболее благоприятный? **3.** Назовите неинфекционные заболевания системы пищеварения. **4.** Что может стать причиной пищевого отравления? В чем его опасность? **5.** Какие инфекционные заболевания системы пищеварения вам известны? **6.** Расскажите, как происходит заражение глистами.



НАБЛЮДЕНИЯ И САМОНАБЛЮДЕНИЯ

Определение нормальной массы своего тела

1. С помощью напольных весов и ростомера определите массу и длину вашего тела.

2. Используя формулы, рассчитайте должную массу тела (M — масса тела, P — рост): $M = P - 110$ (при росте более 175 см).

3. Сравните массу вашего тела с рассчитанной по формуле. Они должны различаться не более чем на 10%. Предложите пути снижения или повышения массы своего тела.

Темы сообщений и рефератов

1. Роль выдающегося российского ученого И. П. Павлова в изучении пищеварения.
2. Пищеварительные ферменты, их роль в пищеварении.
3. Природная среда — источник инфекционных заболеваний.
4. Искусственная пища — зло или благо для человечества?

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ



Немного истории...

1848—1855 гг. *Французский физиолог К. Бернар исследовал функцию печени и указал на ее роль в синтезе гликогена из глюкозы.*

1880 г. *Немецкий физиолог и гигиенист М. Рубнер использовал в физиологии понятие «калория» для вычисления количества пищи, необходимой для жизнедеятельности и сохранения температуры. Им же было сформулировано «правило*

поверхности», согласно которому количество рассеиваемого с единицы поверхности тела тепла у всех теплокровных организмов одинаково.

1898 г. *Нидерландский врач Х. Эйкман установил причину болезни «бери-бери» (полиневрита) у цыплят и изложил основные сведения о витаминах.*

1947 г. *Нобелевская премия присуждена американским биохимикам супругам Г. Т. и К. Ф. Кори и аргентинскому ученому Б. А. Гуссею за исследования биохимии гликогена и роли гормонов передней доли гипофиза в регуляции углеводного обмена.*

§ 56. Общая характеристика обмена веществ



Почему обмен веществ является характерным признаком и условием жизни?

Значение обмена веществ. Обмен веществ между организмом и внешней средой — основное условие жизни. Биологический обмен веществ, или *метаболизм* (от греч. *метаболе* — перемена), — это сложная совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых процессов в живом организме с момента поступления питательных веществ и до выделения конечных продуктов обмена.

Обмен веществ свойственен всем живым организмам. Он является их функцией, одним из обязательных проявлений и характерным признаком жизни. Вместе с тем обмен — необходимое условие жизни. В результате его обеспечивается рост и развитие, жизнедеятельность и воспроизведение, гомеостаз и постоянный контакт организма с внешней средой. Если обмен веществ прекращается, прекращается и жизнь. Взаимосвязь процессов иллюстрирует схема обмена веществ (рис. 90).

В органах пищеварения сложные органические вещества — белки, жиры и углеводы — расщепляются на составляющие их молекулы, которые проникают в кровь и лимфу.

Кровь, лимфа и тканевая жидкость доставляют питательные вещества к клеткам. В результате внутриклеточного обмена синтезируются специфические для организма белки, жиры, углеводы, гормоны, ферменты и другие соединения, используемые в организме как пластический материал для построения новых клеток и структур взамен старых и как энергетический материал.

Ассимиляция и диссимиляция. Процессы, в ходе которых образуются сложные органические вещества и организм обогащается скрытой химической энергией, составляют сущность *пластического обмена* и называются *ассимиляцией* (от лат. *ассимиляцио* — сходство).

Одновременно с процессами синтеза веществ происходит их распад, сопровождающийся освобождением заключенной в них химической энергии

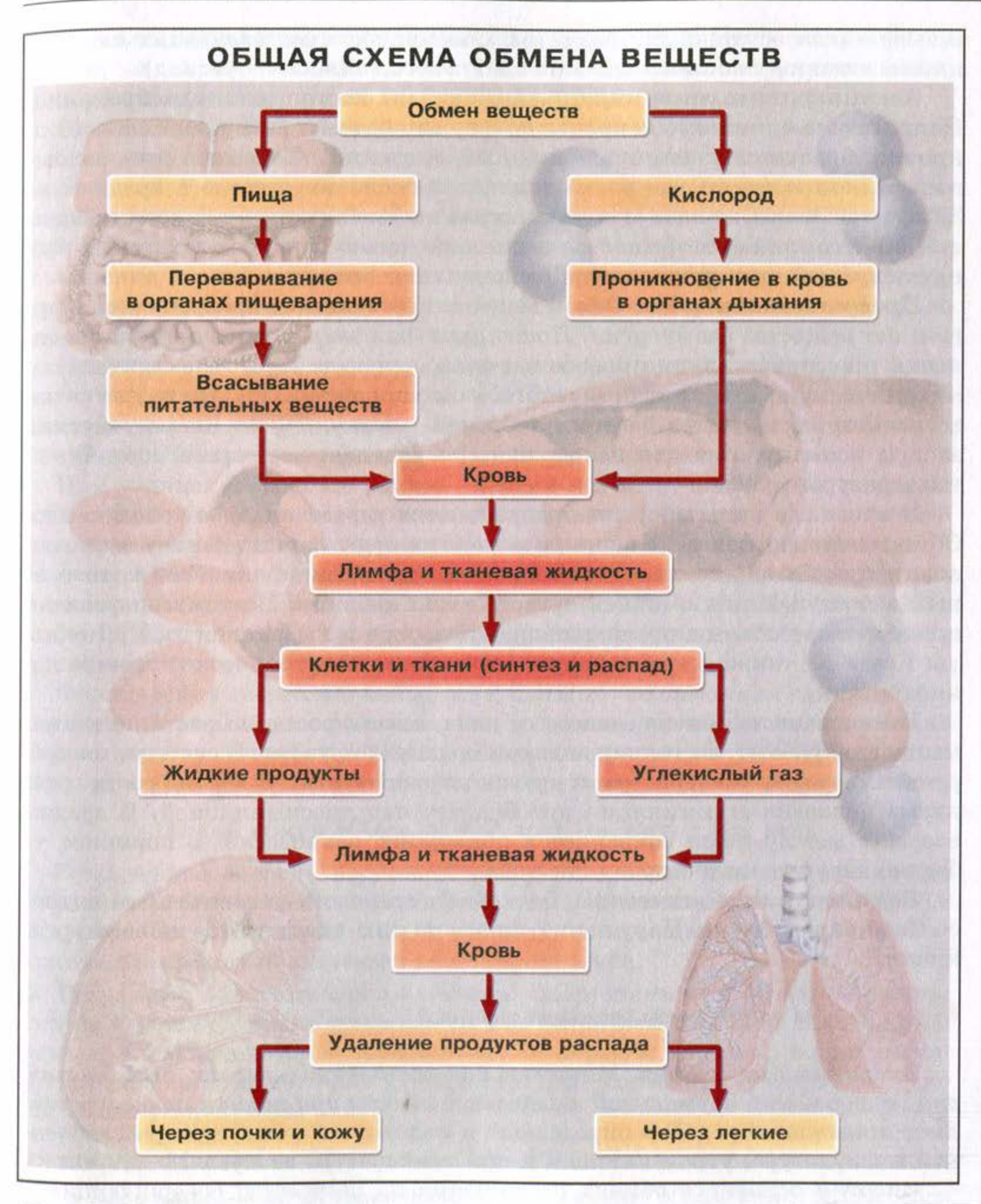


Рис. 90. Взаимосвязь процессов ассимиляции и диссимиляции в обмене веществ

и выведением остаточных продуктов. Совокупность составляющих их реакций называется *диссимиляцией* (от лат. *диссимиляцио* — распад).

Ассимиляция и диссимиляция происходят постоянно и одновременно. Например, в организме непрерывно формируются и разрушаются клетки крови, образуется и отмирает кожный эпителий. Половина всех тканевых белков в организме расщепляется и создается заново в среднем за 80 суток. Белки печени и плазмы крови обновляются наполовину каждые 10 суток, а некоторые — за несколько часов. При этом продукты расщепления стимулируют синтез распавшихся веществ.

Превращение энергии. Обмен веществ неотделим от превращений энергии: нет вещества без энергии. *Потенциальная энергия* химических соединений при диссимиляции превращается в другие ее виды: электрическую, механическую, а в конечном итоге — в тепловую. Она расходуется на ассимиляцию и синтез богатых энергией молекул АТФ. Энергетические запасы используются для поддержания жизнедеятельности и постоянной температуры тела.

В итоге все виды энергии превращаются в рассеиваемое телом тепло. Об интенсивности обмена веществ и энергии судят по количеству выделенного тепла. Энергия образуется в процессе дыхания — окисления запасенных и поступающих с пищей органических веществ. Поэтому показатели газообмена — объемы поглощенного кислорода и выделившегося углекислого газа — также характеризуют всю сумму энергетических превращений.

Интенсивность обмена зависит от пола, массы, роста, возраста, питания, мышечной работы, состояния эндокринных желез, нервной системы и внутренних органов, температуры и других условий среды. В период роста организма человека ассимиляция преобладает над диссимиляцией. В зрелом возрасте между ними сохраняется подвижное равновесие. В пожилом — баланс нарушается в сторону диссимиляции.

Различают энергетический, белковый, жировой, углеводный и водно-солевой виды обмена. Нарушение одного из них сказывается на всем организме.



На что организм расходует энергию?

Энергетический обмен. Минимальное количество энергии, необходимое для поддержания нормальной жизнедеятельности при полном покое, составляет *основной обмен*. Его определяют в положении лежа, при расслабленной мускулатуре, утром натощак и при температуре воздуха 18—20 °С.

Энергия основного обмена расходуется на постоянно совершающиеся химические процессы, на механическую работу, выполняемую сердцем,

дыхательными мышцами и кишечником, на деятельность желез, почек и печени, на сохранение электрической активности клеток и функции мозга, на поддержание сосудистого и мышечного тонуса и температуры тела.

Основной обмен индивидуален и зависит от возраста, размеров тела, особенностей нервной и эндокринной систем. Он интенсивнее у беременных и детей; у мужчин на 10% выше, чем у женщин. У здорового человека среднего возраста основной обмен достаточно стабилен и составляет около 60% энергозатрат. Отмечены сезонные колебания основного обмена — повышение весной и понижение зимой. Нарушение функций регуляторных систем (нервной и эндокринной), а также заболевания значительно изменяют уровень основного обмена.

При мышечной работе энергозатраты возрастают на некоторую величину, называемую *рабочей прибавкой*. Так, в положении сидя основной обмен возрастает на 40%, стоя — на 50%, а во время физической работы — в 2—7 раз. Чем значительнее работа, тем выше затраты энергии.

При умственной работе расход энергии невелик, однако этот вид деятельности из-за большого нервного напряжения считается едва ли не самым трудным и утомительным. При эмоциональном возбуждении энергетический обмен повышается на 20—30%. Энергозатраты возрастают после приема пищи: белковая пища усиливает обмен на 30%, прочая — на 5—15%. От 5 до 10% тепловой энергии теряется с экскрементами и при мочеиспускании.

Фактические *энергозатраты*, совершаемые человеком за единицу времени, называют *общим обменом*. Он складывается из основного обмена (Осн. о.), рабочей прибавки (Р. п.) и энергозатрат на питание (Эн. пит.) и выделение (Эн. выд.). Это может быть выражено следующей формулой:

Общий обмен = Осн. о. + Р. п. + Эн. пит. + Эн. выд.

Затраченная энергия восполняется при питании. Соотношение между затрачиваемой энергией и получаемой с пищей называют *энергетическим балансом*. Отрицательный баланс приводит к истощению организма. Положительный баланс вызывает накопление жира.

Регуляция энергетического обмена. Энергетический обмен регулируется гипоталамусом. Он усиливается под влиянием гормонов щитовидной железы и надпочечников, симпатической нервной системы, может изменяться условно-рефлекторно («предстартовые состояния») и произвольно под воздействием коры мозга.

Вопросы и задания

1. Что такое метаболизм? **2.** Какие процессы в организме обеспечиваются благодаря обмену веществ? **3.** Где и как происходят пластический и энергетический обмены?

4. Как связаны между собой ассимиляция и диссимиляция? **5.** Что называют основным обменом и от чего он зависит? **6.** Объясните назначение рабочей прибавки. **7.** Из чего складывается общий обмен? **8.** К каким последствиям для человека может привести нарушение энергетического баланса?



Докажите, что в организме человека энергия не возникает и не исчезает, а только видоизменяется (используйте знания из курсов физики, химии, естествознания). Определите, какая сторона обмена веществ преобладает у растущего организма — ассимиляция или диссимиляция. Как это доказать?

§ 57. Обмен органических веществ



Какую роль в организме играют органические вещества?

Обмен белков. Белки составляют около 20% массы тела. Это наиболее сложные вещества и важнейшие компоненты клеток. Белки служат пластическим материалом в образовании клеточных структур.

Белки-ферменты влияют на скорость химических реакций и интенсивность обменных процессов.

Белки плазмы крови выполняют, например, защитную функцию. Белки крови выполняют также транспортную функцию.

Белки-гормоны участвуют в поддержании биологических констант и регуляции функций. Белки определяют индивидуальные и видовые различия организмов. Наконец, они выполняют энергетические функции: при их окислении высвобождается энергия.

Белки пищи — единственный источник материала для синтеза в организме специфических белков. Белки в организме не откладываются в запас. Поэтому обычно сохраняется равновесие распавшихся и вновь образовавшихся белков.

Биологическая ценность белков пищи. Для синтеза белков необходимо наличие всех 20 видов аминокислот. Белки пищи, содержащие все аминокислоты, — полноценные, а не имеющие нужного набора — неполноценные. Все полноценные белки животного происхождения. Некоторые аминокислоты не образуются в организме и поступают с растительной пищей. Их называют незаменимыми. Другие — заменимые, синтезируются вновь даже при отсутствии их в пище. При полноценном питании в организм поступают все незаменимые аминокислоты. Наиболее высокая биологическая ценность белков мяса, рыбы, яиц.

Недостаток белков в пище невосполним, так как они строятся из аминокислот, а аминокислоты не синтезируются из жиров и углеводов.

Распад и синтез белков в организме. Большинство аминокислот, поступивших в кровь из пищеварительной системы, идет на построение соб-

ственных специфичных белков. Часть аминокислот подвергается химическим превращениям, в результате которых образуются недостающие заменимые аминокислоты. Эти процессы наиболее интенсивно протекают в печени и мышцах.

Одновременно с синтезом белков в клетках происходит их распад. Продукты неполного распада — аминокислоты — используются для синтеза других белков. При полном распаде аминокислот образуется токсичный аммиак, который в печени путем защитных синтезов превращается в мочевину.

Конечные продукты распада белков — вода, углекислый газ, мочевина — выводятся из организма с мочой, пóтом в составе выдыхаемого воздуха, а также с калом.

➢ Белковый обмен регулируется гипоталамусом. Его влияние передается через парасимпатическую и симпатическую нервную систему, гипофиз и другие эндокринные железы. Парасимпатическая система, гормон роста гипофиза, гормоны щитовидной железы, женские половые гормоны стимулируют биосинтез белков, а симпатическая система, адреналин, мужские половые гормоны и некоторые кортикостероиды надпочечников ускоряют их распад. ◁

Обмен углеводов. Биологическое значение углеводов определяется прежде всего их энергетической функцией.

Углеводы — единственный источник энергии для клеток мозга и основной — для работающих мышц. В процессе дыхания — окислительного распада углеводов — выделяется энергия. При резком уменьшении количества сахара в крови отмечаются расстройства деятельности нервной системы: судороги, потеря сознания (обмороки).

Углеводы выполняют и пластические функции: они входят в состав нуклеиновых кислот и АТФ, в структуры клеточных мембран и цитоплазмы.

В пищеварительном канале сложные углеводы, содержащиеся главным образом в растительной пище, под действием ферментов расщепляются до молекул глюкозы, которые всасываются в кровь.

➢ Содержание глюкозы в крови в норме составляет 3,5—6,0 ммоль/л. Избыток глюкозы превращается в печени и мышцах в животный крахмал — гликоген. Это превращение регулируется гормоном поджелудочной железы инсулином. При повышении концентрации глюкозы в крови до 8 ммоль/л она появляется в моче. При голодании или усиленном расходе глюкозы при мышечной работе запасенный гликоген распадается с освобождением глюкозы. Этот процесс регулируется гормоном поджелудочной железы глюкагоном и гормонами надпочечников. При продолжительном голодании уровень глюкозы в крови поддерживается за счет образования ее из белков и жиров. ◁

Регуляция углеводного обмена. Любые изменения концентрации глюкозы в крови отслеживаются гипоталамусом, который включает нервные и эндокринные механизмы регуляции. Активация симпатической системы усиливает распад, а парасимпатической — запасание углеводов. Эндокринная регуляция осуществляется через гипофиз, гормоны которого стимулируют или тормозят секрецию периферических желез, участвующих в углеводном обмене.

Обмен жиров. Жиры используются организмом, как богатый источник энергии: при их распаде освобождается в два с лишним раза больше энергии, чем при распаде такого же количества белков и углеводов. Жиры служат пластическим материалом, входящим в структуры клеточных мембран и органоидов. Они выполняют защитные функции: жировые капсулы предохраняют внутренние органы от механических воздействий, а выделяемое железами кожное сало делает кожу мягкой, эластичной и водонепроницаемой. Подкожный жир препятствует отдаче тепла. С жирами переносятся растворимые в них витамины A, D, E и др. Некоторые гормоны представляют собой жиры.

Жиры в пищеварительной системе расщепляются на глицерин и жирные кислоты, которые всасываются в лимфу и частично в кровь. Они разносятся к клеткам, где синтезируются специфические для организма жиры. В организме жиры могут образовываться из поступающих в избытке углеводов. Жиры накапливаются в подкожной клетчатке, брюшине, вокруг внутренних органов и в мышцах.

➢ **Регуляция жирового обмена.** Жировой обмен контролируется гипоталамусом через нервную систему и гипофиз. Парасимпатические влияния способствуют отложению жира, а симпатические — его распаду. Обмен жиров и углеводов взаимосвязан. Понижение концентрации глюкозы в крови вызывает распад жиров, а повышение — образование их из углеводов. Эти процессы регулируются гормонами гипофиза и других желез. Гормоны мозгового слоя надпочечников (адреналин и норадреналин), щитовидной железы (тироксин) и поджелудочной (глюкагон) способствуют расщеплению жиров и их использованию как энергетического материала. Некоторые кортикостероиды надпочечников и инсулин стимулируют образование и отложение жира. ◅

Вопросы и задания

1. Назовите конечные продукты обмена белков, жиров и углеводов. **2.** Как нервная система регулирует обмен органических веществ? **3.** Гормоны каких желез регулируют белковый, углеводный и жировой обмены?

Для любознательных

Человек за свою жизнь потребляет в среднем 2,5 т белков, 1,3 т жиров, 17,5 т углеводов и 75 т воды.

Половина всех белков тела заменяется в течение 180 суток, а белки печени — за 17—20 суток.

В организме взрослого человека запасается в среднем около 9 кг жира и 400 г гликогена: 100 г — в печени и 300 г в мышцах.

§ 58. Обмен воды и минеральных солей. Витамины



Почему о воде говорят, что «она не только символ жизни, но и сама жизнь»?

Обмен воды. Вода составляет около $\frac{2}{3}$ массы тела человека. Плазма крови, лимфа, тканевая жидкость, пищеварительные соки содержат более 90% воды, нервная ткань — около 80%, мышцы 70%; меньше всего ее в костях — 50%.

Вода является растворителем минеральных веществ, многих органических соединений и средой, в которой совершаются все биохимические реакции. Благодаря ей поддерживается состояние динамического гомеостаза. Потеря 10% воды обезвоживает организм, нарушает процессы обмена, так как все они протекают в жидкой фазе. При потере более 20% наступает смерть.

Несмотря на большое количество воды в организме, все органы представляют собой плотные образования, потому что бóльшая часть воды находится внутри клеток в связанном состоянии главным образом с белками и жирами. При уменьшении содержания белков в плазме крови свободная вода проникает в ткани и вызывает отеки. Отечность возникает и при избыточном поступлении воды в жировую клетчатку.

При избытке или недостатке воды нарушается обмен веществ. Суточная потребность в воде — 40 мл на 1 кг массы. До 1,5 л воды поступает в виде питья и с жидкими блюдами. Еще столько же — с другими пищевыми продуктами. Около 350 мл свободной воды образуется при распаде белков, жиров и углеводов в самом организме. Объемы потребляемой и выводимой через органы выделения воды в норме равны. У детей потребность в воде выше — водный баланс положительный.

Обмен солей. Минеральные вещества необходимы для поддержания формы клеток, структуры белков и нуклеиновых кислот. Они входят в состав активного инсулина (цинк), гормонов щитовидной железы (йод),



Рис. 91. Механизм гомеостаза кальция в крови

гемоглобина (железо), белков и нуклеиновых кислот (фосфор, сера, магний, марганец), в состав ферментов. Роль солей в осуществлении всех функций организма огромна. Их наличием обусловлены электрические заряды возбудимых тканей и нервная сигнализация (натрий, калий, кальций, хлор), мышечное сокращение и свертывание крови (кальций).

Содержание минеральных веществ в разных органах неодинаково: в костях сосредоточено 99% кальция, почти 90% фосфора и 60% магния от общего их количества в организме. Хлористого натрия особенно много в плазме крови и в подкожной жировой клетчатке. Железа много в печени, калия — в мышцах, йода — в щитовидной железе.

➤ **Регуляция водно-солевого обмена.** Обмен воды и минеральных солей взаимосвязаны и протекают очень интенсивно. Их регуляция обеспечивается гипоталамусом, нейроны-рецепторы которого избирательно реагируют

на изменение концентрации того или иного иона в крови. Влияя на секрецию гипофиза и надпочечников, гипоталамус регулирует интенсивность выведения воды и солей.

Концентрация кальция в крови регулируется щитовидной и паращитовидными железами (рис. 91). Активность желез зависит от содержания кальция в крови. Снижение его уровня стимулирует секрецию паращитовидными железами паратгормона и выведение запасенного в костях кальция. При увеличении его концентрации угнетается секреция этих желез и возрастает выработка щитовидной железой кальцитонина, способствующего запасанию кальция. Этот механизм поддерживает концентрацию кальция в крови в строго определенных пределах.



Почему витамины называют «веществами жизни» и «азбукой здоровья»?

Витамины. Помимо питательных веществ, воды и минеральных солей организм нуждается в витаминах. *Витамины* (от лат. *вита* — жизнь) — «вещества жизни» — биологически активные органические соединения различной химической природы, жизненно необходимые для нормальной жизнедеятельности организма (рис. 92).

В отличие от других факторов питания, витамины не являются материалом для биосинтеза или получения энергии, однако участвуют практически во всех процессах обмена веществ.

Многие витамины входят в состав ферментов и непосредственно выполняют важные физиологические и биохимические функции. Витамины усиливают действие гормонов, повышают иммунитет и сопротивляемость организма к стрессу, стимулируют рост и регенерацию тканей. Витамин А участвует в фоторецепции, витамин D — во всасывании кальция, витамин K — в свертывании крови и т. д.

Витамины обладают высокой активностью и поэтому необходимы в очень малых количествах. Однако отсутствие того или иного витамина (*авитаминоз*) или недостаток его (*гиповитаминоз*) приводят к нарушению функций и различным тяжелым заболеваниям.

Избыточное поступление витаминов не влечет серьезных последствий, ибо их излишки выводятся из организма. Однако избыток витаминов А и D, т. е. (*гипервитаминоз*), может нарушить обмен и даже вызвать тяжелые отравления.

Большинство витаминов не синтезируется в организме и должно регулярно поступать при питании. Витамины B_1, B_2, PP, K продуцируют бактерии кишечника; витамины А и B_{12} в небольшом количестве накапливаются в печени.

Витамины, получаемые химическим и микробиологическим синтезом и из природных источников, используют для профилактики и лечения гипо- и авитаминозов, витаминизации продуктов питания.



Рис. 92. Продукты, богатые различными витаминами

Витаминная недостаточность и связанное с ней состояние гиповитаминоза может развиться и при нормальном содержании витаминов в пище. Это происходит при некоторых заболеваниях — гастритах, колитах, дизентерии, гельминтозе, вследствие которых ухудшается всасывание витаминов.

Некоторые лекарства, например антибиотики, угнетают бактерии кишечника, изменяют состав его микрофлоры, вследствие чего нарушается поступление витаминов. Поэтому для предупреждения гиповитаминоза одновременно с лекарственными препаратами рекомендуется принимать и витамины.

В настоящее время известно свыше 20 витаминов. Их разделяют на водорастворимые и жирорастворимые.

Водорастворимые витамины. Витамин С (аскорбиновая кислота) содержится в свежих овощах и фруктах, в ягодах черной смородины, плодах цитрусовых и шиповника, в печени.

Витамин С рекомендуется принимать при тяжелой физической работе, острых инфекционных заболеваниях, гипертонии, склерозе, для профилактики гриппа. При его недостаточности появляются общая слабость, нервозность, признаки *цинги* — кровоизлияния в коже, кровоточивость десен, выпадение зубов. В основе этих изменений при С-авитаминозе лежат нарушения всех видов обмена.

К водорастворимым относятся и витамины группы В (B_1, B_2, B_3, B_6, B_{12}). Они содержатся в крупах, хлебе, семенах бобовых, дрожжах, орехах, яичных желтках, печени рыбы и крупного рогатого скота. Естественная потребность в этих витаминах удовлетворяется при нормальном питании. При недостаточности B_1 развивается состояние гиповитаминоза, проявляющееся во множественном воспалении нервов — *полиневрите* (болезнь «бери-бери»), в поражениях кожи, расстройстве двигательной функции и дыхания, нарушении углеводного и энергетического обменов, потере аппетита, исхудании.

Отсутствие витаминов группы В нарушает деятельность нервной и сердечно-сосудистой систем и даже может повлечь смерть. Эти витамины рекомендуется принимать при исхудании, утомляемости и замедленном росте детей. Витамин B_{12} усиливает образование эритроцитов и рекомендуется при малокровии и беременности.

Витамин PP (никотиновая кислота) содержится почти во всех продуктах и участвует во всех видах обмена. При его недостаточности воспаляются слизистые оболочки полости рта и кожа, страдает психика.

Жирорастворимые витамины. Витамин А (ретинол) входит в состав зрительного пигмента палочек сетчатки глаза. Его много в томатах, моркови, тыкве, хурме, животных жирах, печени. Он растворяется только в жирах, поэтому содержащие витамин А овощи полезно употреблять с маслом. При недостатке витамина нарушается темновая адаптация — нормальное зрение днем и плохое в сумерках («куриная слепота»), снижается иммунитет, возникает сухость кожи и помутнение роговицы («бельмо»). Дополнительный прием витамина А рекомендуется при ослаблении зрения, нарушениях иммунитета.

Растворимый в жирах витамин D (антирахитический) содержится в коровьем масле, желтке яиц, печени; особенно им богат рыбий жир. Он может образовываться в коже при ультрафиолетовом облучении. Витамин D участвует в регуляции обмена кальция и фосфора. При недостатке его у детей развивается *рахит*. Вначале нарушаются функции нервной системы — дети становятся беспокойными, напряженными и пугливыми. На следующей ста-

дии поражается костная система — задерживается прорезывание зубов, размягчаются и деформируются кости черепа, конечностей, изменяется форма грудной клетки, слабеют мышцы. У взрослых при D-авитаминозе размягчается костная ткань, нарушается мышечная и нервная деятельность. Детям витамин D крайне необходим, а взрослым рекомендуется при мышечной слабости и переломах.

Вопросы и задания

1. Почему вода и минеральные соли необходимы организму? **2.** Что такое водный баланс и каким образом он поддерживается в организме? **3.** Для чего нужны организму витамины? **4.** Заменяет ли избыток одного витамина недостаток другого? **5.** Расскажите о витаминах С, группы В, РР, А и D (в каких продуктах содержатся, каковы функции).


Концентрация кальция в плазме крови человека — величина постоянная. Как она поддерживается в организме? Что может произойти, если концентрация кальция увеличится (уменьшится)?

§ 59. Нормы питания. Пищевые рационы


Как правильно питаться?

Питание — составная часть обмена веществ. Питание включает поступление, переваривание, всасывание и усвоение питательных веществ. Благодаря питанию организм удовлетворяет свои потребности в строительном материале, восполняет энергетические затраты. Содержащиеся в пище различные химические соединения используются организмом для роста, жизнедеятельности и воспроизводства. Питание определяет здоровье, работоспособность и продолжительность жизни.

Неполноценное питание приводит к нарушению функций отдельных органов и систем, снижению сопротивляемости болезням, истощению. Недостаточное питание в детском возрасте сопровождается задержкой роста, физического и психического развития. Избыточное питание приводит к нарушению обмена веществ, ожирению, заболеваниям.

Сбалансированные суточные дозы питательных веществ, удовлетворяющие потребности организма в пластическом и энергетическом материалах, называют *нормами питания*. Они должны полностью покрывать расход энергии на работу внутренних органов, на движения, физическую работу, а у детей — обеспечивать рост и развитие.

Потребности организма в энергетическом и пластическом материалах будут полностью удовлетворены при потреблении основных питательных веществ — белков, жиров и углеводов.

Нормы питания. Они зависят от возраста, пола, массы, роста, физических и умственных нагрузок, климатических условий и других факторов. Нормы питания неодинаковы для детей различного возраста и отличаются от норм для взрослых. Детям необходимо относительно больше (в пересчете на 1 кг массы тела) питательных веществ (табл. 10).

Таблица 10

Суточные нормы питания и энергетические потребности детей и подростков

Возраст (год)	Белки, г/кг	Жиры, г/кг	Углеводы, г	Энергетическая потребность, ккал
7—10	2,5	1,5—2,0	330	2300—2800
11—15	2,0	1,0—1,5	350—400	2800—3000
Старше 16	Менее 2,0	1,0	450—500	3000—3200

Средние нормы питания для взрослых в сутки: 100—120 г белков, 70—100 г жиров, 450—500 г углеводов.

Энергетические затраты работающих людей пропорциональны физическим нагрузкам. Величина этих затрат зависит от профессии и вида трудовой деятельности. В соответствии с особенностями труда работники различных специальностей разделены на 5 групп (табл. 11).

Таблица 11

Энергозатраты организма в зависимости от вида трудовой деятельности

Группа	Вид работы	Энергозатраты в ккал (кДж)
1.	Не требующая физических усилий (работники интеллектуального труда: врачи, педагоги, инженеры, ученые, менеджеры и прочие)	2400—2800 (около 10 500)
2.	Легкой тяжести (работники механизированного труда: станочники, водители и др.)	2500—3000 (около 12 000)
3.	Умеренно тяжелая (работники маломеханизированного труда: слесари, столяры, плотники, рабочие строительных специальностей, сельхозрабочие)	2700—3200 (около 13 000)
4.	Тяжелая (работники немеханизированного ручного труда: землекопы, лесорубы и др.)	3200—3700 (около 14 500)
5.	Очень тяжелая (шахтеры, водолазы, косцы)	4500 (около 18 800)

Специфику труда и связанные с ним энергозатраты обязательно учитывают при определении норм питания.

Энергетическую ценность пищи исчисляют по количеству тепла, выделяющегося при сгорании (окислении) 1 г вещества. Так, 1 г белков и углеводов образуют по 4,1 ккал (17,2 кДж), а 1 г жира — 9,3 ккал (39 кДж) тепла (рис. 93). По количеству питательных веществ в пище устанавливают ее общую калорийность.

На практике содержание белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов и калорийность пищевых продуктов определяют по специальным таблицам. В настоящее время эти сведения приводятся на упаковках многих продовольственных товаров. На их основании и с учетом норм питания и энергозатрат составляют пищевые рационы.

Пищевой рацион — это набор продуктов, содержащих питательные вещества в количестве, достаточном для удовлетворения потребности организма в пластическом и энергетическом материале, а для детей — обеспечивающем также их рост и развитие.

В пищевом рационе должна учитываться усвояемость пищи: около 16% ее не усваивается.

Усвояемость — способность пищи к перевариванию и всасыванию содержащихся в ней питательных веществ. Она зависит от количества и качества пищи, способа ее приготовления, а также от индивидуальных особенностей и состояния организма.

Углеводы усваиваются хорошо при любом составе пищи. Белки животного происхождения усваиваются лучше растительных. Так, белки мяса, молока, рыбы усваиваются на 95% — почти полностью, тогда как растительные белки только на 70%; усвояемость белков смешанной пищи колеблется от 80 до 90%. Расщепление белков улучшается при наличии в рационе овощей, которые стимулируют сокоотделение пищеварительных желез. Содержащиеся в овощах, молоке,

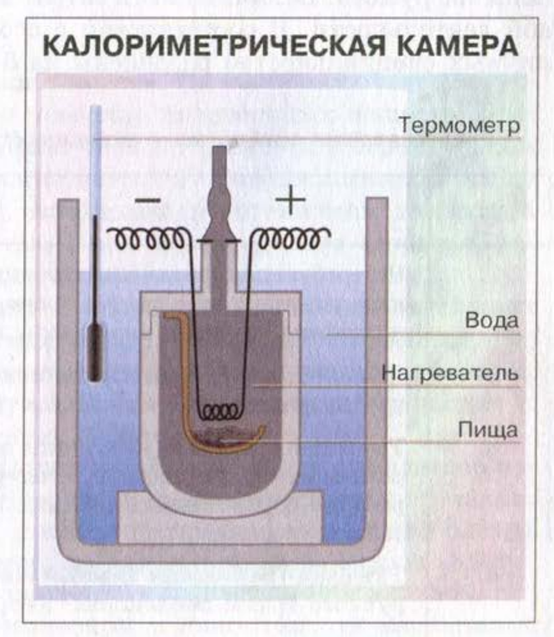


Рис. 93. Аппарат для определения энергетической ценности пищевых продуктов

сырах минеральные соли кальция, калия и другие также способствуют этому.

Большое значение имеет соотношение отдельных питательных веществ. Жирная пища снижает усвояемость белков и хорошо всасывается вместе с углеводами. Углеводы же в преобладающем количестве тормозят переваривание и белков, и жиров.

В пищевом рационе должно быть не менее 30% полноценных белков животного происхождения. Эти белки стимулируют обменные процессы и улучшают пищеварение.

В рацион следует включать грубоволокнистую углеводную пищу. Растительная клетчатка овощей и фруктов не переваривается в пищеварительном канале, но она необходима для нормализации состава микроорганизмов и способствует опорожнению кишечника.

Физиологически полноценное питание здоровых людей, удовлетворяющее потребности организма и обеспечивающее необходимый уровень обмена веществ и энергии, называют *рациональным питанием*. Рациональное питание должно отвечать требованиям, предъявляемым к пищевому рациону, режиму питания и условиям приема пищи.

Вопросы и задания

1. Что называют питанием? **2.** Объясните, почему питание должно быть сбалансированным и рациональным. **3.** Чем рацион человека, занимающегося физическим трудом, должен отличаться от рациона человека умственного труда? **4.** Какой вред приносит избыточное питание?

§ 60. Терморегуляция организма



Как организм поддерживает постоянную температуру тела?

Теплообразование и теплоотдача в организме. В живом организме благодаря непрерывному обмену веществ постоянно образуется тепло. Одновременно происходит теплоотдача. Температура тела, таким образом, зависит от интенсивности *теплообразования* и *теплоотдачи*.

Физиологические процессы, направленные на поддержание температуры тела на сравнительно постоянном уровне, называют *терморегуляцией*. Терморегуляцию принято разделять на *химическую* и *физическую*.

Под химической терморегуляцией понимают *теплопродукцию*: образование тепла в результате окислительных процессов, связанных с дыханием, пищеварением и работой мышц.

Тепло образуется главным образом в органах, в которых интенсивно протекает обмен веществ — в мышцах, составляющих у взрослого человека

44% массы тела, и в печени (табл. 12). Теплообразование значительно возрастает при активной работе мышц.

Таблица 12

Химическая терморегуляция

Название органов	Образование тепла, %
Скелетная мускулатура	60
Печень	30
Прочие органы	10

Интенсивное теплообразование предохраняет организм от охлаждения. Понижение обмена веществ при высокой температуре среды защищает человека от перегревания.

Физическая терморегуляция происходит благодаря *теплоотдаче* — выделению тепла. В основном она осуществляется через кожу — 80% теплоотдачи, в меньшей степени через легкие — 13%, около 5% тепла теряется с мочой и калом.

В процессе физической терморегуляции нагретая кровь, протекающая по капиллярам кожи, отдает тепло и охлаждается. Основными способами теплоотдачи являются теплопроведение, теплоизлучение и испарение. В покое суммарная теплоотдача равна 100 ккал (419 кДж) в час.

Под *теплопроведением* (конвекцией) понимают перенос тепловой энергии от более нагретого тела к менее нагретым предметам. Таким образом теряется 15% тепла. Воздух и одежда плохо проводят тепло, но теплоотдача резко возрастает при соприкосновении с водой.

Теплоизлучение — испускание нагретым телом тепловых (инфракрасных) лучей. Человеческое тело излучает 65% вырабатываемого тепла. Этим теплом, например, частично «обогревается» метрополитен.

Испарение — это переход выделяемой влаги из жидкого состояния в парообразное. Испарение воды с поверхности кожи и легких сопровождается потерей 20% тепла. Испарение возрастает при повышении температуры и уменьшении влажности воздуха.

В условиях жаркого климата или работы в горячих помещениях отдача тепла посредством теплопроведения и теплоизлучения невозможна, и охлаждение тела происходит исключительно путем испарения. При этом человек может терять до 9—15 л пота в сутки.

Теплоотдача зависит от толщины подкожной жировой клетчатки, являющейся хорошим теплоизолятором. Потере тепла препятствует одежда. Сама по себе она не греет, а лишь способствует образованию слоя воздуха, который из-за малой теплопроводности уменьшает теплоизлучение.

Температура тела. Температура различных участков кожи непостоянна и неодинакова (рис. 94). Она зависит от кровотока, температуры и влажности воздуха, двигательной активности, защищенности одеждой. Строго постоянной сохраняется только температура мозга и внутренних органов. Эти части тела называют *температурным ядром*. Температура конечностей, кожных покровов и скелетной мускулатуры — ниже и изменчива.

В подмышечной впадине температура колеблется от 36 до 37 °С. В течение суток она может изменяться на 1 °С. Самая низкая температура тела в 2—4 ч ночи, а самая высокая — в 16—19 ч.

Повышение температуры вызывает сердцебиение, увеличение артериального давления и потоотделения. При температуре тела выше 40 °С наступает расстройство сознания — бред, а выше 43 °С — смерть. Снижение температуры мозга на 2—3 °С сопровождается потерей сознания. Охлаждение всего тела ниже 25 °С смертельно.

Регуляция температуры тела. Постоянная температура тела поддерживается нервными и гуморальными механизмами по принципу термостата. Терморегуляция осуществляется рефлекторно центрами теплообразования и теплоотдачи гипоталамуса.

▶ При нарушении функции этих центров выключаются механизмы химической или физической терморегуляции. Центры терморегуляции возбуждаются импульсами от холодовых и тепловых рецепторов кожи и прямым действием охлажденной или нагретой крови. Через вегетативную нервную систему они влияют на обмен веществ и кровообращение в коже и мышцах, а через гипоталамо-гипофизарную систему — на активность эндокринных желез: щитовидной, поджелудочной, надпочечников. ◀



Рис. 94. Температура разных участков поверхности тела

Перегревание. Происходит при высокой температуре среды и затрудненной теплоотдаче. При перегревании температура тела поднимается до 39—40 °С, возникают головокружение, головная боль, шум в ушах, обильное потоотделение, слабость, потеря сознания, судороги. Частота дыхания и сокращений сердца резко возрастают, кожа бледнеет.

Перегревание может возникнуть на производствах с высокой температурой воздуха, в районах с жарким климатом, под лучами палящего солнца, при интенсивной мышечной работе в одежде, неприспособленной для ее выполнения. Перегревание вызывает у человека *тепловой шок* или даже *тепловой удар*. Солнечные инфракрасные лучи, проникающие через кости черепа, могут вызвать *солнечный удар* — нарушение деятельности головного мозга. Болезненные явления могут развиваться даже при нормальной температуре и влажности воздуха.

Первая помощь при тепловом и солнечном ударах. Для оказания первой помощи при тепловом и солнечном ударах необходимо уложить пострадавшего в прохладном месте, приподнять голову и расстегнуть одежду. На лоб и сердце поместить смоченную холодной водой ткань или пакет со льдом. Если пострадавший не потерял сознания, ему дают крепкий чай, холодную воду. При потере сознания, остановке дыхания и сердцебиения проводят непрямой массаж сердца и искусственное дыхание.

Ожоги. Ожогами называют повреждения тканей, возникающие при действии пара, химических веществ, электрического тока, солнечных лучей, при соприкосновении с раскаленными предметами или с огнем. При ожогах нарушаются функции кожи, появляется опасность инфекционных заражений.

Различают три степени ожогов. При ожогах первой степени пораженный участок краснеет и припухает. Обожженный участок необходимо промыть раствором питьевой соды и приложить содовую примочку.

При ожогах второй степени на покрасневшей и припухшей поверхности образуются пузыри. Вскрывать их нельзя, так как нарушение целостности кожи может повлечь заражение. На место ожога накладывают стерильную повязку и обращаются в больницу.

При ожогах третьей степени обожженные участки омертвевают и даже иногда обугливаются. На пораженную поверхность накладывают сухую стерильную повязку и пострадавшего немедленно отправляют в больницу. В случае поражения более трети поверхности тела человек может погибнуть.

Обморожения. Обморожениями называют повреждения тканей от переохлаждения. При этом чаще всего страдают выступающие части тела: нос, пальцы ног и рук. На обмороженных участках кожа бледнеет из-за сужения кровеносных сосудов, ее «покалывает», а затем она теряет чув-

ствительность. Обмороженные участки надо согреть. Лучше это делать в теплом помещении или в безветренном месте.

При обморожении первой степени чистыми руками или носовым платком растирают побелевшие участки до потепления и покраснения кожи. Снегом растирать не рекомендуется, так как кожа еще больше охлаждается, повреждается и заражается. После растирания накладывают ватно-марлевую повязку, а поверх нее шерстяную. Пострадавшему дают горячее питье.

При обморожении второй степени на коже образуются пузыри, наполненные мутной кровяной жидкостью. Растирать обмороженный участок и вскрывать пузыри нельзя. Необходимо наложить повязку со стрептоцидовой мазью, а при наличии раны — сухую стерильную. Затем следует обратиться в лечебное учреждение.

При обморожении третьей степени кожа омертвевает. Пострадавшего вносят в теплое помещение, снимают оледеневшую одежду, поврежденные части тела утепляют, а затем немедленно отправляют в больницу.

Вопросы и задания

1. Перечислите органы, через которые происходят основные потери тепла. **2.** Каков механизм теплообразования? **3.** Какие механизмы теплоотдачи вы знаете? **4.** Охарактеризуйте значение находящихся в коже тепловых и холодовых рецепторов. **5.** Объясните, почему возникает перегревание тела. Назовите меры первой помощи. **6.** Расскажите, как помочь пострадавшему от ожогов. **7.** Как возникает обморожение?

Функциональная система поддержания температуры

В организме существует система поддержания такой температуры тела, которая обеспечивает нормальное течение обменных процессов (рис. 95). От температуры зависит активность ферментов. Поэтому она должна поддерживаться на уровне их оптимального действия в пределах 36—40 °C. Малейшие изменения температуры крови немедленно воспринимают терморецепторы гипоталамуса. Сигналы от них при повышении температуры крови поступают в центр теплоотдачи, а при понижении — в центр теплопродукции.

При повышении температуры крови усиливаются процессы теплоотдачи вследствие расширения сосудов кожи, увеличения потери тепла конвекцией, излучением, через легкие, с мочой и потом. Одновременно уменьшается теплопродукция.

В случае понижения температуры крови теплопродукция усиливается за счет мышечной деятельности (дрожи), активизации обмена веществ. Эта система автоматически поддерживает температуру внутренних органов и чутко реагирует на все ее изменения во внешней среде.

При снижении температуры окружающей среды возбуждаются холодовые рецепторы кожи, импульсы от которых активируют центр теплопродукции, стимулируют процессы выработки тепла.



Рис. 95. Система регуляции температуры тела

При повышении температуры воздуха, наоборот, усиливается активность центра теплоотдачи и тормозится центр теплопродукции, в результате чего температура тела снижается.

Деятельность этой функциональной системы изменяется в экстремальных условиях. При длительном повышении или понижении температуры среды большую роль играют железы внутренней секреции — гипофиз, щитовидная железа, надпочечники.

Вопросы и задания

1. Используя схему функциональной системы, объясните, почему длительное пребывание в воде вызывает у человека озноб. **2.** Где расположен центр терморегуляции? **3.** Какие процессы в организме способствуют повышению теплопродукции?

Темы сообщений и рефератов

1. Поваренная соль — вечное лекарство или тайный убийца?
2. Что мы знаем о диетах?
3. История открытия и изучения витаминов.
4. Почему мы стареем?

ВЫДЕЛЕНИЕ



Немного истории...

1782 г. *Русский ученый-микроскопист А. М. Шумлянский защитил докторскую диссертацию «О строении почек».*

1835 г. *Немецкий хирург и анатом К. Буров опубликовал работу о почечном кровообращении.*

1846 г. *Немецкий физиолог К. Ф. В. Людвиг создал фильтрационную теорию мочеобразования.*

1950 г. *Была проведена первая операция по трансплантации человеческой почки.*

§ 61. Органы выделения



Какие органы и системы выполняют в организме функцию выделения?

Значение выделения. Освобождение организма от конечных продуктов обмена, избытка воды, солей и органических соединений, поступивших с пищей или образовавшихся в ходе обменных процессов, называют *выделением*. Эту функцию выполняют легкие, кожа, органы пищеварения и мочевыделительная система. При дыхании удаляются вода, углекислый газ и летучие вещества. Через потовые и сальные железы кожи выводятся вода, ряд органических веществ и минеральные соли. С калом выходят соли, вода и другие соединения. Почти 90% продуктов обмена удаляется через мочевыделительную систему.

Водный баланс организма. За сутки человек потребляет около 2,5 л воды: 1,5 л в виде питья и жидкой пищи, 0,6 л с плотной пищей, а 0,3—0,4 л образуется в процессе распада органических соединений. Поддержание водного баланса очень важно: вода не просто символ жизни, но и сама жизнь. За сутки почки выделяют около 1,5 л жидкости, легкие — 0,5 л, и столько же выводится с потом и калом.

Мочевыделительная система. Эта система представлена почками, отходящими от них мочеточниками, мочевым пузырем и мочеиспускательным каналом (рис. 96). Главные органы выделения — *почки*. С мочой выделяются избыток воды, солей и продукт распада белков — *мочевина*. Почки поддерживают водный баланс, концентрацию солей и другие важные физико-химические константы, участвуют в регуляции артериального давления. Вместе с другими системами почки обеспечивают гомеостаз.

Почки — парные органы бобовидной формы, расположенные по бокам от позвоночника на уровне поясницы, масса каждой из них около 120 г.

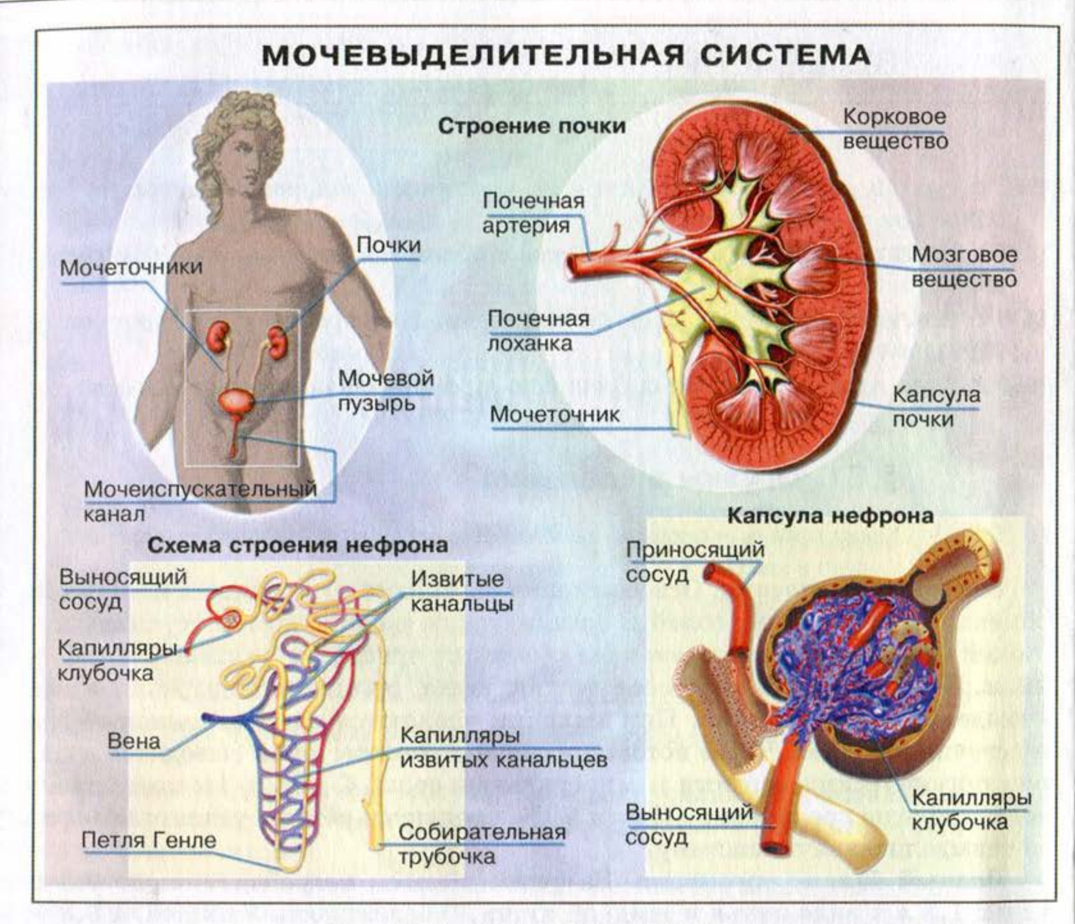


Рис. 96. Строение почки и нефрона

На внутреннем, обращенном к позвоночнику крае находятся *ворота почки*. Это место вхождения сосудов и начало мочеточников.

На продольном разрезе почки выделяются наружное *корковое вещество* и внутреннее *мозговое вещество*. Небольшая полость у вогнутого края (*почечная лоханка*), сужаясь, переходит в мочеточник.

Микроскопическое строение почки. Единицей строения и функции почки являются микроскопические тельца — *нефроны*. В каждой почке их около миллиона. Нефрон начинается в корковом веществе двухслойной капсулой. От нее отходит простирающийся в мозговое вещество извитый каналец. Там он выпрямляется, делает петлю и вновь возвращается в корковое вещество, переходя в *собирательную трубочку*. Собирательные трубочки

открываются в систему выводных протоков, по которым моча оттекает в *почечную лоханку.*

В капсулу нефрона погружен клубочек капилляров, образованный разветвлением почечной артерии. По выходе из клубочка капилляры собираются в выносящий сосуд, который вторично распадается на капиллярную сеть, густо оплетающую извитые канальцы.

Капилляры извитых канальцев собираются в венулы, те — в вены, образующие почечную вену. Сосудистые сплетения капсулы и канальцев образуют *воротную систему кровообращения почки.*

Мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал. От каждой почки отходит *мочеточник*, представляющий собой выводящий проток, по которому моча поступает в мочевой пузырь.

Мочевой пузырь — полый мышечный орган емкостью около 0,5 л, расположенный в нижней части тазовой полости.

Мочеиспускательный канал устроен у женщин и мужчин по-разному. У женщин он имеет длину 3—3,5 см и открывается в преддверие влагалища. У мужчин достигает 18—20 см и заканчивается на головке полового члена.

Вопросы и задания

1. Какие вещества выводятся из организма? **2.** Назовите органы мочевыделительной системы и опишите их строение. **3.** Что такое нефрон и какова его структура? **4.** Раскройте роль почек в поддержании постоянства внутренней среды организма.

§ 62. Образование мочи. Профилактика почечных заболеваний



Как в почках происходит образование мочи?

Кровоснабжение почек. В течение минуты через почки протекает до 1,2 л крови: почти 1/4 общего ее количества. Кровоснабжение почек отличается наличием воротной системы: кровь последовательно проходит две сети капилляров — в клубочках и вокруг почечных канальцев.

Первичная и вторичная моча. Моча образуется из плазмы крови в результате *фильтрации* и *обратного всасывания.* Эти процессы происходят в нефронах в две фазы.

Первичная моча образуется в полости капсулы. Стенки капилляров и капсулы нефронов образуют фильтрационную мембрану общей площадью 1,5—2 $м^2$. В капиллярах клубочков кровь течет под давлением 60—70 мм рт. ст., тогда как в капиллярах других органов оно в 3—4 раза меньше.

Высокое давление в капиллярах клубочков обусловлено разницей в диаметре приносящих и выносящих сосудов. Благодаря этому плазма «продавливается», т. е. фильтруется под давлением через стенки капилляров и капсулы нефрона. Фильтрационные мембраны не пропускают клетки крови и крупные молекулы. Зато другие вещества, растворенные в плазме крови, легко проходят через эту преграду. Поэтому содержание их в образующейся первичной моче и в плазме крови одинаково.

За сутки через почки протекает 1700—1800 л крови. Из нее отфильтровывается 150—180 л первичной мочи.

Вторичная моча образуется в извитых канальцах. Через тонкие стенки канальцев оплетающие их капилляры осуществляют обратное всасывание: из первичной мочи в кровь возвращаются аминокислоты, глюкоза, вода, минеральные соли. Глюкоза всасывается полностью, вода — на 96%, а мочевина и мочевая кислота вообще не всасываются. Поэтому их концентрация во вторичной моче возрастает в десятки раз (табл. 13). В итоге за сутки образуется 1,5 л вторичной мочи.

Таблица 13

Сравнительный состав плазмы крови, первичной и вторичной мочи (в %)

Составные вещества	Плазма крови	Первичная моча	Вторичная моча
Белки, жиры, гликоген	7—9	Отсутствуют	Отсутствуют
Глюкоза	0,1	0,1	Отсутствует
Натрий (в составе солей)	0,3	0,3	0,4
Хлор (в составе солей)	0,37	0,37	0,7
Калий (в составе солей)	0,02	0,02	0,15
Мочевина	0,03	0,03	2,0
Мочевая кислота	0,004	0,004	0,05

Таким образом, почки регулируют содержание различных веществ, выводя лишние и задерживая необходимые.

Процесс обратного всасывания требует огромных энергозатрат. Поэтому обмен веществ в почках очень интенсивен: составляя около 0,01 массы тела, они потребляют почти 0,1 всего кислорода, требуемого организму.

Мочеобразование возрастает в холодную погоду, при обильном питье и белковой пище. Его интенсивность увеличивается под воздействием адреналина, при употреблении кофе и чая. При большой влажности и высокой температуре воздуха, а также при сухой пище и обильном потоотделении количество образующейся мочи уменьшается.

Мочевыведение. После попадания мочи в мочеточник его мышечная стенка начинает перистальтически сокращаться, перемещая жидкость к мочевому пузырю.

Опорожнение мочевого пузыря — сложный рефлекторный акт. При поступлении в мочевой пузырь 250—300 мл мочи повышается давление на его стенки, и возбуждаются находящиеся там рецепторы. Нервные импульсы от них передаются в головной мозг, вызывая позывы к мочеиспусканию, и в центр мочеиспускания в крестцовом отделе спинного мозга. По командам от него расслабляется мышца-запиратель и сжимаются стенки мочевого пузыря. Однако для мочеиспускания необходимо расслабление поперечно-полосатых мышц промежности, запирающих мочеиспускательный канал. Они управляются корой больших полушарий. Дети старше 2,5—3 лет, как и взрослые, могут сознательно контролировать мочеиспускание.

Высшие мозговые центры не только тормозят мочеиспускание, но и усиливают его, например, произвольным напряжением мышц брюшного пресса.



Как сохранить почки здоровыми?

Предупреждение почечных заболеваний. Любое нарушение или прекращение функций почек неминуемо ведет к изменению состава внутренней среды, быстрому отравлению организма теми веществами, которые обычно выводятся с мочой. Так, при повреждении клеток капсул нефронов в канальцы попадают белки и форменные элементы крови, которые не способны всасываться обратно и удаляются с мочой. Вредные вещества в избыточном количестве накапливаются в крови, отравляя организм. Задержка фильтрации воды приводит к отекам.

Почечные канальцы отличаются высокой чувствительностью к различным ядам, в том числе и вырабатываемым возбудителями инфекционных заболеваний. Нарушение их функций сопровождается прекращением образования вторичной мочи. В результате нарушения обратного всасывания и образования вторичной мочи организм теряет воду, глюкозу и другие жизненно необходимые вещества. Возникает серьезная угроза жизни.

Вся имеющаяся в организме кровь проходит через почки многократно. Поэтому вредные вещества в больших количествах действуют на нефроны, нарушая их работу, губительно влияя на организм. К такого рода веществам относят алкогольные напитки, слишком острую и пряную пищу и приправы (уксус, перец, горчица), поваренную соль.

Переполнение мочевого пузыря препятствует дальнейшему поступлению мочи. Поэтому несвоевременное опорожнение его вредит почкам, приводит к интоксикации всего организма.

В настоящее время в лечении больных с тяжелыми хроническими заболеваниями почек и людей, потерявших почки в результате травм или отравлений, применяется пересадка здоровой донорской почки.

Вопросы и задания

1. Какое значение имеет обильное кровоснабжение почек? **2.** Объясните механизмы образования первичной и вторичной мочи. **3.** Какие факты указывают на большие энергозатраты при образовании вторичной мочи? **4.** Как предупредить почечные заболевания?

Для любознательных

Длина одного почечного канальца нефрона колеблется от 18 до 50 мкм.

При питании мясной пищей моча несколько закислена, при употреблении растительной — ее реакция сдвигается в щелочную сторону.

На мочеиспускание человек тратит в течение жизни в среднем 40 суток (960 ч). Человек ежедневно совершает мочеиспускание 4—5 раз, а на каждое из них уходит в среднем 30 секунд.

Функциональная система выделения

Полезным приспособительным результатом функциональной системы мочевыделения является выведение из организма избытка воды, солей и конечных продуктов обмена.

Функциональная система мочевыделения показана на схеме (рис. 97). Регулируемый параметр результата ее действия — количество мочи в мочевом пузыре.

Наполнение мочевого пузыря воспринимают находящиеся в его стенках рецепторы растяжения. От них по чувствительным волокнам возбуждение передается к центрам парасимпатической нервной системы в крестцовом отделе спинного мозга. При определенной критической степени растяжения мочевого пузыря возбуждение из спинального мочевыделительного центра распространяется в восходящем направлении к гипоталамусу и коре головного мозга, вызывая эмоционально окрашенный позыв к мочеиспусканию.

Акт мочеиспускания совершается с учетом окружающей обстановки и по сигналам головного мозга. Они передаются в нисходящем направлении через крестцовый отдел спинного мозга к сфинктеру мочеиспускательного канала, вызывая его расслабление. Одновременно рефлекторное возбуждение парасимпатических центров тазовых нервов стимулирует сокращения мочевого пузыря.

Внутреннее звено саморегуляции этой функциональной системы включает механизмы мочеобразования и эндокринные железы. Так, при произвольной задержке мочеиспускания уменьшается интенсивность мочеобразования в

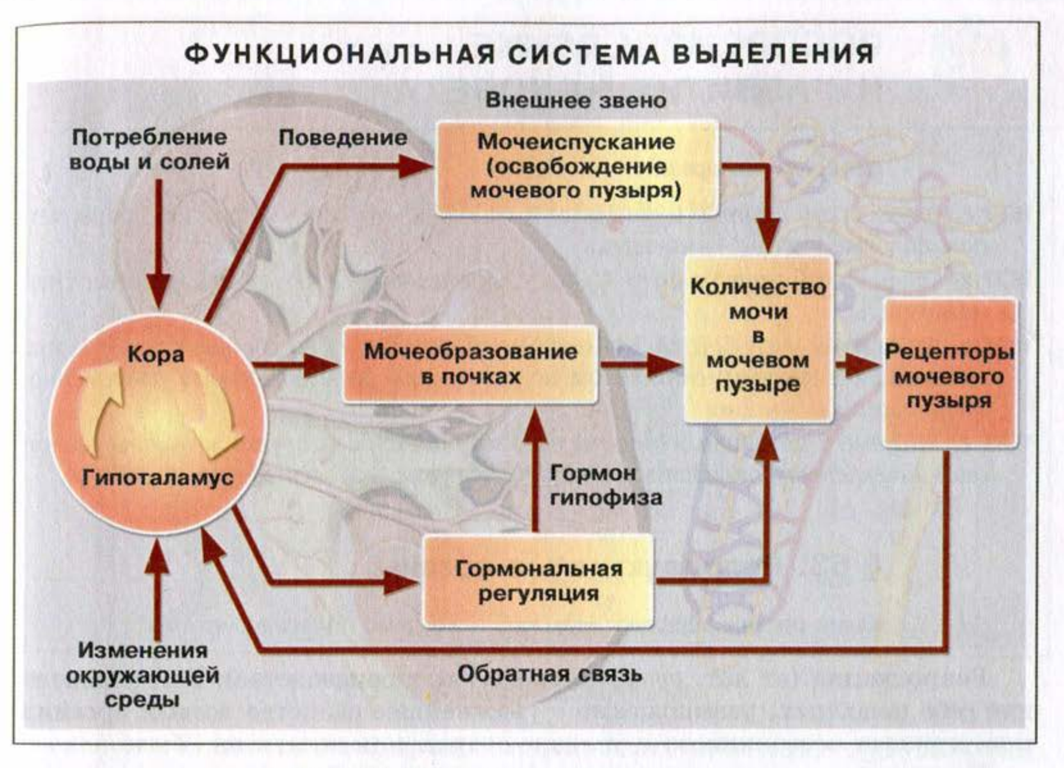


Рис. 97. Регуляция мочеобразования

почках, количество потребляемой воды и увеличиваются потоотделение и концентрирование жидкости в тканях.

Процессы мочевыделения контролируются железами внутренней секреции. Гормон гипофиза (вазопрессин), влияя на обратное всасывание воды в почечных канальцах, уменьшает количество образующейся мочи. Гормон надпочечников (альдостерон) регулирует водно-солевой состав крови и тканевой жидкости.

Вопросы и задания

1. Что запускает механизм мочевыведения? **2.** Используя схему функциональной системы, объясните, как регулируется мочеиспускание у ребенка.

Темы сообщений и рефератов

1. Удаление конечных продуктов обмена веществ у человека.
2. Особенности выделения у растений.
3. Устройство искусственной почки.



ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА

Немного истории...

1672 г. *Голландский анатом и физиолог Р. Грааф обнаружил у млекопитающих женские половые железы — яичники.*

1677 г. *Голландский натуралист А. Левенгук впервые наблюдал и зарисовал сперматозоиды.*

1827 г. *Российский ученый К. М. Бэр первым обнаружил и описал яйцеклетку млекопитающих в экспериментальном исследовании. Заложил основы современной эмбриологии.*

1983 г. *Впервые в организм женщины введена яйцеклетка другой женщины (донорская яйцеклетка), оплодотворенная ее супругом. Родился здоровый ребенок.*

§ 63. Репродуктивные органы



Какие органы образуют мужскую и женскую половые системы?

Репродукция (от лат. *репродуктио* — воспроизводство). Воспроизведение себе подобных, размножение — важнейшее свойство живых организмов, признак всего живого и условие сохранения жизни на Земле.

При половом размножении происходит *оплодотворение* — слияние мужской и женской половых клеток и образование одноклеточного зародыша зиготы. *Зигота* — это новый, хотя и одноклеточный, организм с признаками обоих родителей, превращающийся в процессе развития в многоклеточный.

Половые хромосомы. Образующиеся в процессе мейоза половые клетки — женские (***яйцеклетки***) и мужские (***сперматозоиды***) — имеют половинный набор хромосом. Яйцеклетки содержат половые хромосомы одного типа — X-хромосомы, сперматозоиды — либо X-, либо Y-хромосому. Если после оплодотворения в зиготе оказалось две X-хромосомы (от матери и от отца по X-хромосоме), то родится девочка. При сочетании X- и Y-хромосом (X от матери и Y от отца), родится мальчик. Пол ребенка предопределяют мужские половые клетки (рис. 98). Вероятность рождения детей обоего пола одинакова.

Половое размножение, таким образом, предполагает развитие мужских и женских половых признаков.

Определение пола. *Пол* — совокупность анатомических, физиологических и психических признаков, отличающих мужской организм от



Рис. 98. Определение пола

женского. Различают пол хромосомный, анатомический, гормональный, социальный и гражданский.

Хромосомный, генетический, или истинный, пол определяется комбинацией X- и Y-хромосом в зиготе.

Анатомический пол (первичный) определяется по первичным половым признакам — виду половых органов.

Гормональный пол (вторичный) зависит от секретируемых половыми железами гормонов. О нем судят по вторичным половым признакам — особенностям скелета, развитию мускулатуры, строению гортани, оволосению лица и тела, выраженности молочных желез, типу подкожных жировых отложений, половому поведению и т. п.

От гормональной секреции зависит и социальный пол, который за человеком признает общество. Его определяют по третичным половым признакам — особенностям психики и мышления, склонностям и интересам, чертам характера и поведению. Третичные признаки складываются под влиянием воспитания, образования, профессии и т. д.

Гражданский пол — тот, что записан в метрике и паспорте.

Половые железы. Половые клетки образуются в половых железах, в мужских (*семенниках*) или в женских (*яичниках*). Это железы смешанной

секреции. Наряду с половыми продуктами они вырабатывают гормоны, влияющие на развитие половых признаков и половое поведение. Половые железы созревают в подростковом возрасте 12—15 лет. Это проявляется в постепенном формировании вторичных половых признаков.

Мужская половая система. Образована находящимися в мошонке парными семенниками (яичками), семявыносящими протоками, придаточными железами и мочеиспускательным каналом. Образующиеся в семенниках в огромном количестве сперматозоиды имеют головку с заполняющим ее ядром, шейку и жгутик, обеспечивающий их перемещение (рис. 99).

Созревшие сперматозоиды попадают в длинный (15—20 см) семявыносящий проток, открывающийся в мочеиспускательный канал. Мужские половые пути имеют придаточные железы, вырабатывающие жидкую часть спермы — *семенную жидкость*. Продукты *семенных пузырьков* составляют ее основной объем. Секрет самой крупной — *предстательной железы (простаты)* стимулирует движение сперматозоидов. Выводные протоки составляющих простату многочисленных железок впадают в мочеиспускательный канал.

В него при семяизвержении выделяется также секрет двух луковичных желез.

Непроизвольное семяизвержение называют *поллюцией* (от лат. *полюцио* — марание). У здоровых юных людей поллюции происходят во сне, обычно раз в одну-две недели.

Женская половая система. Состоит из яичников, маточных труб, матки, влагалища и наружных половых органов. Яйцеклетка созревает в пузырьке (фолликуле) яичника на протяжении 28 суток. Зрелая яйцеклетка разрывает оболочку фолликула и выходит в брюшную полость. Этот процесс называют *овуляцией* (от лат. *овулум* — яйцо). Яйцеклетка — самая крупная клетка организма. Ее размеры обусловлены внушительными запасами органических веществ, необходимых для питания зародыша в начале его развития. Яйцеклетка захватывается воронкой маточной трубы (яйцевода).

Маточные трубы — парные трубчатые органы, обеспечивающие продвижение яйцеклетки в матку. Внутренняя их поверхность выстлана мерцательным эпителием, движения ресничек которого вместе с волнообразными сокращениями мышечной стенки способствуют перемещению яйцеклетки.

Матка — полый мышечный орган, в котором развивается и вынашивается плод.

Менструация и менструальный цикл. Неоплодотворенная яйцеклетка не может закрепиться на стенке матки и удаляется вместе с кровью и отторгшимся эпителием. Этот периодический процесс называют *менст-*

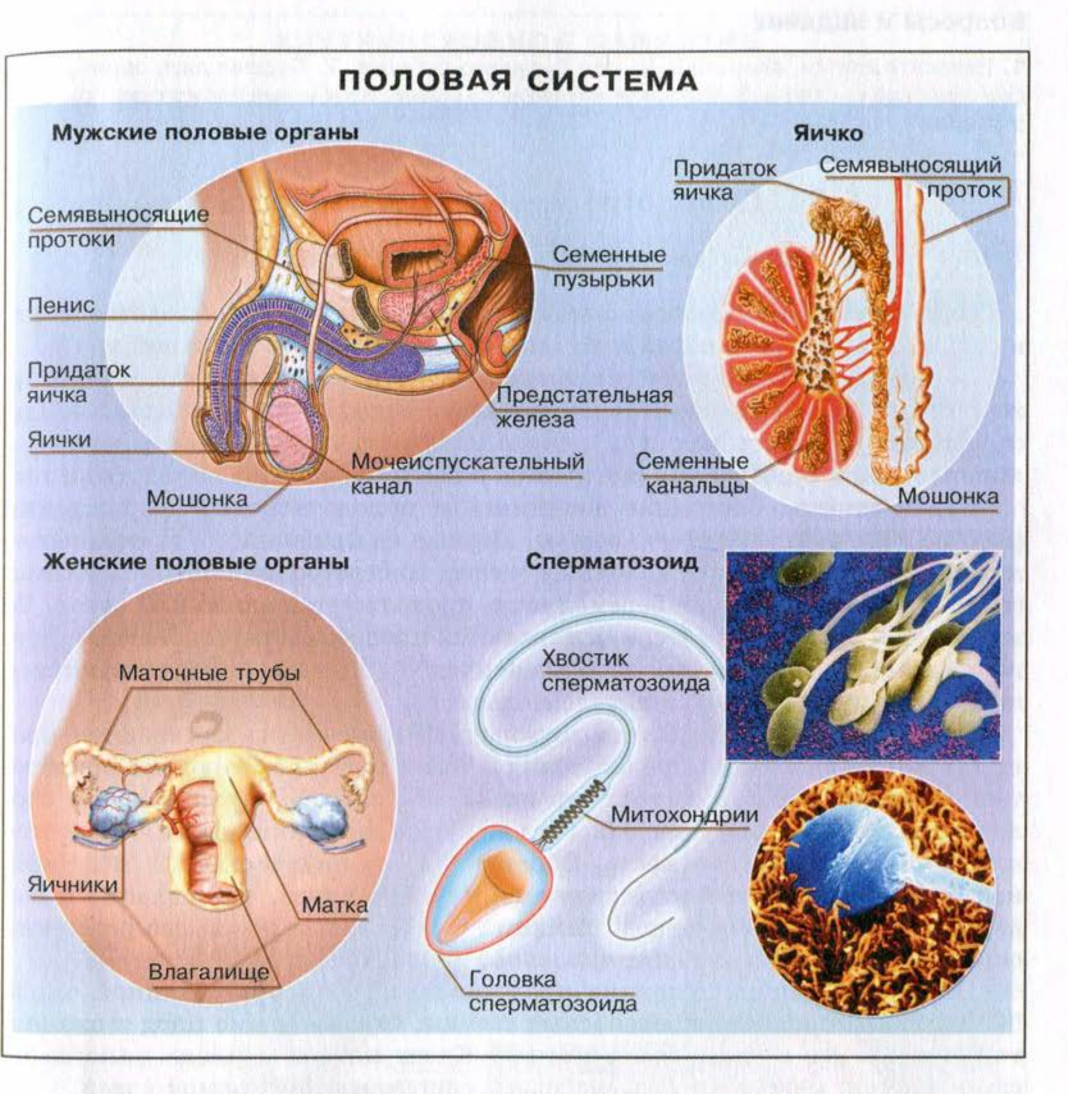


Рис. 99. Мужские и женские половые органы

руацией (от лат. *менструус* — ежемесячный). Через 5—6 суток от ее начала слизистая оболочка матки регенерирует. Повторяющиеся в среднем через 28 суток изменения слизистой оболочки матки составляют *менструальный цикл*.

Во время менструаций очень важно соблюдать гигиену.

Вопросы и задания

1. Назовите клетки, влияющие на пол будущего ребенка. **2.** Перечислите органы женской половой системы. **3.** Что такое овуляция? **4.** Какие изменения происходят при менструации?

§ 64. Оплодотворение. Беременность и рождение



Как развиваются зародыш, плод и происходят роды?

Оплодотворение. Процесс слияния половых клеток — оплодотворение, в результате которого образуется зигота, происходит в маточной трубе.

Во время полового акта семенная жидкость изливается во влагалище женщины. Благодаря своей исключительной подвижности сперматозоиды проникают в полость матки и далее в маточную трубу, где встречаются с яйцеклеткой и один из них внедряется в нее и происходит оплодотворение.

Беременность. Состояние женщины от оплодотворения до рождения ребенка называется *беременностью.* Первые ее признаки — прекращение менструации, набухание молочных желез, иногда болезненные состояния (токсикозы). Нормальная беременность продолжается около 280 суток. За это время в организме матери усиливаются процессы синтеза белков и других веществ, необходимых зародившемуся организму, нейтрализуются и выводятся продукты его жизнедеятельности.

Развитие зародыша. В оплодотворенной яйцеклетке начинаются процессы митоза. За время продвижения в маточной трубе зародыш приобретает форму пузырька, состоящего из 32—64 клеток, и покрывается оболочками. Из оболочек зародыша и слизистой оболочки матки образуется *плацента*, или детское место. Общая ее поверхность около 1 м^2. Через капилляры плаценты осуществляются питание плода, его дыхание и выделение. Через восемь недель плацента отделяется и до самого рождения остается связанной с плодом *пуповиной* (рис. 100).

На момент родов пуповина представляет собой шнур длиной около 50 см. В ней проходят кровеносные сосуды, связывающие плод с плацентой и через нее с организмом матери. Кровь матери и плода никогда не смешивается: между их кровеносными системами нет прямой связи.

▶ Клетки зародыша располагаются в три слоя, образуя зародышевые листки. Из каждого листка формируются определенные ткани и органы. Из наружного — развиваются покровы тела, нервная система и органы чувств; из среднего — скелет, мышцы, соединительная ткань, органы кровообращения и размножения. Внутренний зародышевый листок дает начало эпителию пищеварительного канала, связанным с ним железам (поджелудочной, печени) и легким. ◀

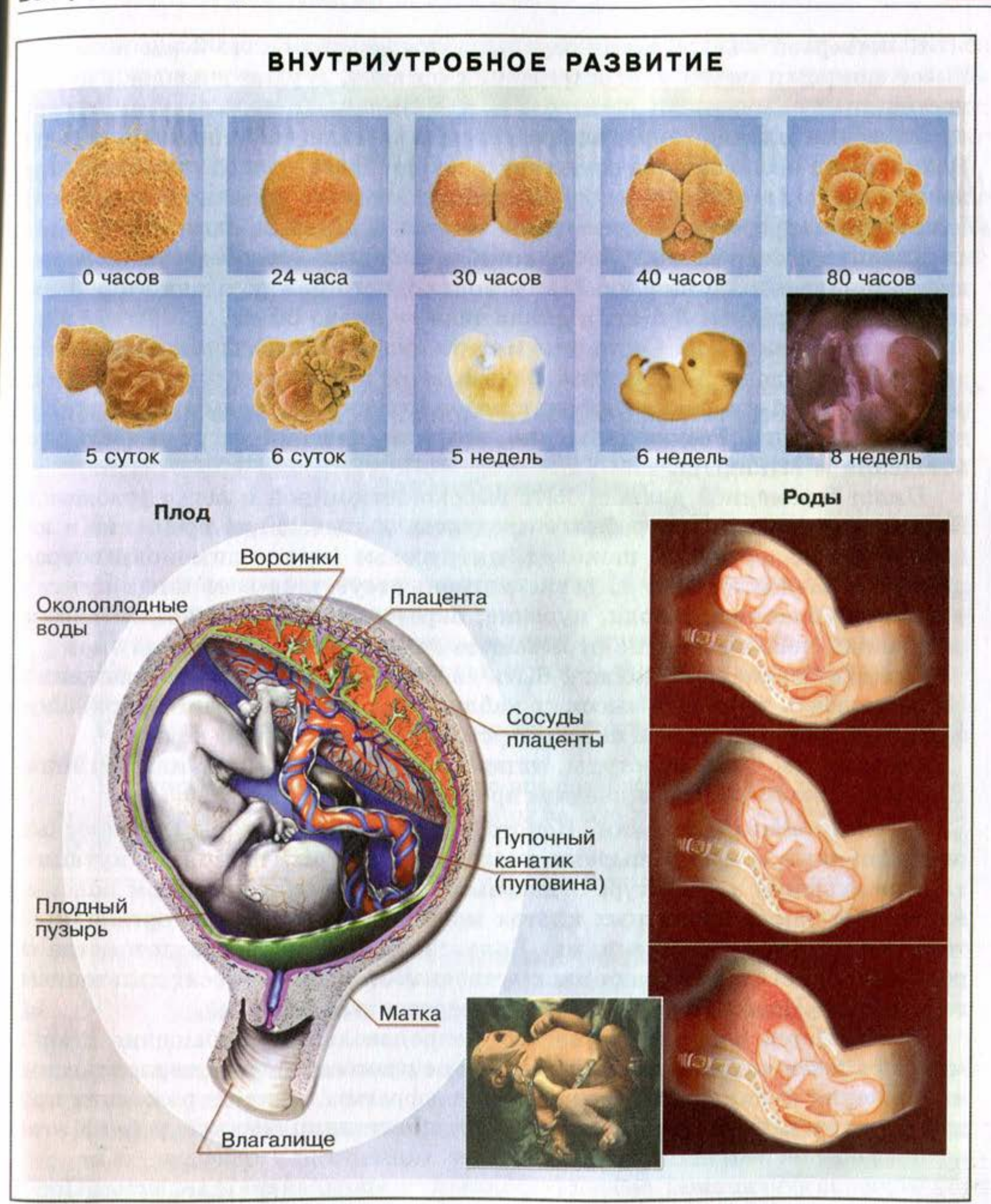


Рис. 100. Начальные стадии эмбрионального развития. Рождение плода

К четвертой неделе длина зародыша составляет около 3 мм и он уже имеет закладки почти всех внутренних органов, сердце и зачатки конечностей.

Развитие плода. После восьми недель начинается плодный период. Несмотря на незначительную величину — до 20 мм, у плода хорошо выражены отдельные части тела: грудь, живот, голова, уши, нос. В дальнейшем плод непрерывно растет, развиваются отдельные системы органов, специализируются ткани. После семи месяцев он способен существовать вне материнского организма. Масса нормального новорожденного ребенка составляет в среднем 3,5 кг, а длина тела — около 50 см.

Режим беременной. Состояние матери сильно сказывается на развитии зародыша и плода. Беременной нельзя выполнять тяжелую физическую работу. Однако умеренная двигательная активность, ходьба, зарядка, не противопоказаны. Резкие движения, прыжки, падения могут вызвать кровотечения и выкидыш.

Пища беременной должна быть высококалорийной и легко усвояемой. Нельзя переедать и употреблять продукты, вызывающие брожение в кишечнике и аллергию — шоколад, цитрусовые (кроме лимонов), острое, пряности. Недостаточное питание матери, отсутствие в ее пище витаминов, употребление алкоголя, курение, переутомление, эмоциональные переживания неблагоприятно отражаются на зародившемся организме.

Одежда беременной должна быть свободной и не стеснять движений. Нельзя носить туфли на высоких каблуках — это усиливает напряжение мышц брюшного пресса и снижает устойчивость тела при ходьбе.

Следует избегать простуды, тщательно соблюдать правила гигиены. Полезен спокойный сон в дневное время.

▶ **Наследственные болезни.** Некоторые внешние факторы (химические, радиационные и др.) вызывают наследственные изменения — мутации, т. е. нарушения в структуре отдельных генов и целых хромосом половых клеток. От таких мутантных клеток могут произойти новые организмы с теми или иными отклонениями. Болезни, передающиеся в потомстве от родителей к детям, называют наследственными. К ним относят дальтонизм, гемофилию. Известно более 1500 наследственных болезней. ◀

Роды. Перед родами начинаются непроизвольные сокращения стенки матки — *родовые схватки*. Позднее к ним присоединяются периодические напряжения мышц брюшного пресса и диафрагмы, которые роженица произвольно регулирует, — потуги. В результате напряженной работы этих мышц ребенок «выталкивается» на свет.

Вслед за рождением ребенка происходит «рождение» плаценты. После родов пуповину перерезают. Через неделю остаток пуповины отпадает, и остается лишь углубленный рубец — «пупок».

Одновременно в молочных железах женщины начинает вырабатываться молозиво, а через 1—2 дня — молоко, которое содержит примерно 1,2% белков, 7% молочного сахара, 3,5—4% жиров, витамины, антитела и другие вещества, необходимые для роста и развития ребенка. Этим соком своего тела мать питает и защищает свое дитя.

Через некоторое время после родов созревание яйцеклеток в яичнике возобновляется, и женщина снова становится способной к зачатию. Ее матка постепенно возвращается к тем размерам, которые были до беременности.

Вопросы и задания

1. В чем сущность процесса оплодотворения? **2.** Что такое беременность? **3.** Как происходит развитие зародыша и плода? **4.** Расскажите о режиме беременной.

Для любознательных

В среднем из 100 млн сперматозоидов только один оплодотворяет яйцеклетку.

Сперматозоиды развиваются в семенниках 75 суток, живут около месяца, а затем стареют и разрушаются.

Путь сперматозоида по семявыводящим путям занимает 10—15 суток.

На воздухе сперматозоид живет сутки, а в организме женщины — до пяти суток.

Скорость движения сперматозоидов в половых путях женщины 2—3 мм/мин.

В яичниках новорожденной девочки содержится от 500 тыс. до 1 млн незрелых половых клеток. У женщины за всю жизнь образуется 350—500 зрелых яйцеклеток.

§ 65. Развитие человека после рождения



Какие возрастные периоды развития человека вы уже преодолели?

С рождением ребенка его развитие не останавливается и продолжается до полной зрелости.

Индивидуальное развитие характеризуется неодновременностью становления и созревания различных функциональных систем. Так, пищеварительная и выделительная системы достигают зрелости к концу первого десятилетия жизни; половая, сердечно-сосудистая и мышечная системы — после 16—18 лет, а нервная и костная — после 25—30.

Период зрелости продолжается у женщин с 21 года до 55 лет, у мужчин с 22 до 60.

Неравномерность развития подразумевает выделения возрастных периодов, или возрастов, на протяжении которых деятельность отдельных систем, биохимические показатели, уровень регуляции функций сохраняются относительно неизменными. Периоды между отдельными возрастами называются переходными или критическими. Они характеризуются резкими перестройками в организме, изменением активности отдельных систем, неустойчивостью работы регуляторных механизмов, уменьшением приспособительных возможностей. В это время организм как бы переходит из одного «физиологического измерения» в другое.

Различают календарный, или паспортный, возраст и биологический, который устанавливают по уровню физического развития, особенностям психики и мышления, активности эндокринных желез. В пределах одного календарного возраста у ровесников биологические показатели могут не совпадать.

Новорожденный и грудной возрасты. Во время родов ребенок теряет 20—25% своей массы, а после появления на свет воспринимает резкое воздействие новых для него факторов среды — гравитационных, температурных, сенсорных, воздушных. Первые 10 суток, в которые ребенок начинает набирать массу и адаптироваться к новым условиям, называют *периодом новорожденности.*

Грудничковый период продолжается до одного года. Он характеризуется быстрым ростом, большой потребностью в пище при незрелости органов пищеварения. Единственной пищей в это время служит молоко матери. На шестом месяце прорезываются первые молочные зубы, в пищевом рационе «грудничка» появляются каши, фруктовые и овощные пюре и другие продукты. В этот период у него значительно увеличиваются длина и масса тела, усложняются движения. К трем месяцам он держит голову, а к шести способен садиться и ползать (рис. 104). К году малыш может самостоятельно ходить.



Рис. 104. Грудничок

Новорожденные и грудные дети очень восприимчивы к внешним воздействиям. Систематическое физическое воспитание, активные движения способствуют росту и развитию мышц, укреплению костей, лучшему обмену веществ, нормальной деятельности нервной системы. Движения необходимы не только для физического, но и для психического развития ребенка.

Режим жизни ребенка способствует выработке условных рефлексов, связанных с приемом и перевариванием пищи, своевременным засыпанием.

Раннее детство (ясельный возраст). В возрасте от одного до трех лет темпы роста несколько замедляются. Ребенок переходит на самостоятельное питание. В его рационе появляются те же продукты, что и у взрослых. В этом возрасте проявляется стремление к самостоятельному познанию мира, тяга к самоутверждению, формируется мышление и речь. Лексический запас пополняется до 600 слов, ребенок овладевает грамматическим строем речи. Он способен управлять движениями, совершать сложные и тонкие действия с различными предметами. Его основным занятием является игра, в процессе которой ребенок активно подражает взрослым. В этот период следует поощрять самостоятельность.

Дошкольный период. Дети в возрасте 3—6 лет проявляют большой интерес к окружающему миру.

В дошкольный период быстро развивается головной мозг, условно-рефлекторная деятельность становится разнообразной, формируется внутренняя речь и абстрактное мышление. Внешним проявлением этого служат разговоры ребенка с самим собой. Умственное и физическое развитие, познание окружающего мира происходят в процессе игры. Для ребенка игра имеет такое же значение, как для взрослого работа.

Школьный период. В возрасте от 7 до 17 лет перестраивается деятельность всех органов и систем, интенсивно развиваются скелет и мышцы, молочные зубы сменяются постоянными.

Интеллектуальное развитие зависит от обучения. Дети в этот период учатся легко, прочно воспринимают новое, жадно проявляют интересы и стремления, одержимы желанием познать неизвестное.

В возрасте 11—15 лет резко и глубоко изменяется работа всех систем организма. Это обусловлено интенсивным образованием половых гормонов и половым созреванием.

В период полового созревания у подростков возрастает возбудимость нервной системы и раздражимость, наблюдается расстройство сна. В это время могут возникать резкие колебания артериального давления («юношеская гипертония»), снижение аппетита, частые смены настроения. Подросток становится возбудимым, резким, непредсказуемым, но в то же время требует повышенного внимания к себе.

В подростковом возрасте происходит становление характера, нравственное формирование личности.

Устная речь подростка иногда лексически бедна, зачастую изобилует бранью («юношеская бравада»), но тем не менее эмоционально выразительна. Необдуманные поступки, подверженность постороннему влиянию,

восторженность свидетельствуют о постоянной работе мысли, эмоциональной напряженности, поиску своего пути, стремлении быть нужным.

В последние сто лет во всех экономически развитых странах наблюдалось ускорение темпов физического и полового развития детей. Это явление получило название *акселерации*. Причины акселерации сложны, многообразны и до конца не изучены. Однако установлено, что более раннее физическое развитие современных детей не влечет за собой ускорения их психологического и социального созревания.

Вопросы и задания

1. Назовите особенности развития детей в грудном возрасте. **2.** Какое значение имеет игра в раннем детстве? **3.** В чем особенности развития детей школьного возраста?

Темы сообщений и рефератов

1. Может ли наука сделать человека бессмертным?
2. Клонирование человека — зло или благо?
3. Наследственные болезни человека, их диагностика и лечение.

ПРАКТИКУМ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

СТРОЕНИЕ ЖИВОТНОЙ КЛЕТКИ

Цель работы: исследовать строение животной клетки.

Материалы и оборудование: микроскоп, шпатель, йод, пипетка, предметное и покровное стекла.

1. Проведите с легким нажимом чистым шпателем по твердому нёбу или деснам. На шпателе в капле слюны окажутся слущенные эпителиальные клетки.

2. Поместите снятую слизь на предметное стекло и накройте покровным.

3. На край покровного стекла капните раствор йода. Рассмотрите микропрепарат под микроскопом.

4. Обратите внимание на форму клеток. Зарисуйте их, обозначьте наружную мембрану, цитоплазму и ядро.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ЖИВОТНЫЕ ТКАНИ

Цель работы: изучить особенности строения животных тканей.

Материалы и оборудование: микроскоп, микропрепараты.

Эпителиальная ткань — многослойный плоский неороговевающий эпителий роговицы глаза.

1. При малом увеличении микроскопа найдите на препарате пласт клеток, покрывающий роговицу глаза. Обратите внимание на многослойное расположение клеток, плотные контакты между ними и отсутствие межклеточного вещества.

2. Переведите микроскоп на большое увеличение. Рассмотрите клетки разных слоев, в центре и на периферии. Зарисуйте их.

Мышечная ткань — поперечно-полосатая мышечная ткань языка кролика.

1. Рассмотрите препарат при малом увеличении.

2. Найдите продольные и поперечные мышечные волокна. Зарисуйте их.

Нервная ткань — нервная ткань сетчатки глаза.

1. При малом увеличении микроскопа найдите на препарате скопления нервных клеток с синей окраской и хорошо заметными отростками.

2. Переведите микроскоп на большое увеличение.

3. Найдите дендриты — ветвящиеся отростки с широким основанием — и аксон. Зарисуйте нервную клетку.

Соединительная ткань — плоская кость.

1. Рассмотрите препарат при малом увеличении микроскопа.
2. Обратите внимание на упорядоченно расположенные костные пластинки. Сделайте рисунок.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

СТРОЕНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

Цель работы: изучить строение головного мозга человека.

Материалы и оборудование: разборные модели головного мозга человека, таблицы.

1. Разберите модель головного мозга на две части. Пользуясь рисунком в учебнике и таблицами, найдите продолговатый мозг, мост, средний и промежуточный мозг, большие полушария, мозжечок.
2. Рассмотрите большие полушария головного мозга. Найдите борозды и извилины. По основным бороздам выделите доли коры: лобные, теменные, височные и затылочные. Зарисуйте полушарие сбоку и укажите его области.
3. Соберите модель головного мозга. В ее нижней части найдите места выхода черепно-мозговых нервов. Определите отделы мозга, от которых отходят некоторые из них.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

СТРОЕНИЕ ГЛАЗА

Цель работы: изучить строение глаза по разборной модели и таблицам.

Материалы и оборудование: разборная модель глаза, таблицы.

1. Найдите на модели оболочки глазного яблока, хрусталик, стекловидное тело и другие элементы.
2. Проследите ход лучей от источника до сетчатки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

СТРОЕНИЕ ОРГАНА СЛУХА И РАВНОВЕСИЕ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТА

Цель работы: изучить строение слухового и вестибулярного аппарата.

Материалы и оборудование: разборная модель уха, таблицы.

1. Найдите на разборной модели элементы наружного, среднего и внутреннего уха.
2. Проследите путь от источника звука до улитки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОСТИ

Цель работы: изучить свойства костей, зависящие от их состава.

Материалы и оборудование: реберные кости рыбы или курицы, пинцет, 10%-ный раствор уксусной или соляной кислоты, стакан, спиртовка.

1. Захватите пинцетом кость и введите ее в пламя спиртовки. Наблюдайте изменение окраски и после принятия костью белого цвета прокаливание прекратите.

2. Отметьте изменение формы кости, определите ее твердость, гибкость, хрупкость и эластичность.

3. В стакан с 10%-ным раствором кислоты поместите натуральную кость. Наблюдайте и фиксируйте все изменения ее цвета, формы, появление осадка.

4. Через некоторое время выньте пинцетом кость и промойте водой. Исследуйте физические свойства — твердость, гибкость, хрупкость, эластичность.

Ответьте на вопросы. 1. Можно ли согнуть или растянуть натуральную кость? 2. Что произойдет при попытке согнуть прокаленную кость? Каковы ее физические свойства? 3. Возможно ли деформировать кость, находившуюся в соляной кислоте? Какие свойства она приобрела? Какую кость называют декальцинированной?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРИТРОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА И ЛЯГУШКИ

Цель работы: изучить строение эритроцитов человека и лягушки.

Материалы и оборудование: микроскоп, окрашенные микропрепараты крови человека и лягушки.

1. Исследуйте при малом, а затем при большом увеличении микроскопа мазок крови человека. Обратите внимание на окраску, размеры, форму и строение эритроцитов.

2. Рассмотрите при разном увеличении микроскопа кровь лягушки.

Зарисуйте по одному эритроциту человека и лягушки и сравните их.

Ответьте на вопрос. Почему в единице объема крови человека содержится больше кислорода, чем в крови лягушки?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ КРОВИ

Цель работы: отработать методику измерения артериального давления.

Материалы и оборудование: тонометр, фонендоскоп.

1. Ознакомьтесь с устройством тонометра. Он состоит из манометра, резинового баллона с вентилем и манжетки. Все части тонометра соединены трубками.

2. Плотно оберните манжетку вокруг обнаженного плеча испытуемого и закрепите ее.

3. Ниже манжетки в локтевом сгибе — месте разветвления плечевой артерии на лучевую и локтевую — установите фонендоскоп.

4. Закрыв клапан баллона, нагнетайте в манжетку воздух до исчезновения пульса или до показания на циферблате манометра 140—150 мм рт. ст.

5. Приоткрыв вентиль, медленно выпускайте воздух из манжеты. Внимательно следите за показаниями манометра и одновременно прислушивайтесь к звукам в фонендоскопе.

6. В момент появления пульсовых ударов отметьте показания манометра, — они соответствуют максимальному (систолическому) давлению. Только в систолу кровь проталкивается через сдавленный участок.

7. В момент исчезновения пульса манометр указывает минимальное (диастолическое) давление. В диастолу кровь перетекает бесшумно.

8. Для большей точности повторите измерения несколько раз. Делайте это быстро, иначе, может возникнуть онемение, боль.

9. Сравните полученные данные со среднестатистическими табличными. Сделайте вывод.

Средние показатели максимального и минимального давления крови в разном возрасте

Возраст (годы)	Мальчики	Девочки
11—12	103/60	94/60
13—14	108/61	106/62
15	112/66	110/67

Ответьте на вопросы. Какую опасность для человека представляет постоянно повышенное артериальное давление (АД)? В каких кровеносных сосудах давление минимальное и почему?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

ИЗМЕРЕНИЕ ЖИЗНЕННОЙ ЕМКОСТИ ЛЕГКИХ (ЖЕЛ)

Цель работы: методом спирометрии научиться определять ЖЕЛ.
Материалы и оборудование: спирометр, вата, спирт.

1. Ознакомьтесь с конструкцией спирометра. Продезинфицируйте мундштук и наденьте его на патрубок прибора.

2. Установите шкалу спирометра на нуле. Сделайте 2—3 глубоких вдоха и выдоха и после очередного максимального вдоха с усилием выдохните в спирометр.

3. По его показаниям определите ЖЕЛ. Процедуру повторите несколько раз, отметьте максимальное значение.

4. Сравните данные обследованных.

Ответьте на вопросы. У кого ЖЕЛ выше: у мальчиков или девочек? Зависит ли ЖЕЛ от роста и массы тела? Влияют ли занятия физическим трудом и спортом на этот показатель?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

ДЕЙСТВИЯ ФЕРМЕНТОВ СЛЮНЫ НА КРАХМАЛ

Цель работы: показать способность ферментов слюны расщеплять углеводы.

Материалы и оборудование: три пробирки, раствор йода, крахмальный клейстер, цветные карандаши, слюна, стакан с холодной водой или льдом, стакан с теплой водой (около 40 °С).

1. Пометьте пробирки и налейте в каждую по 2—3 мл клейстера.

2. В две пробирки добавьте по 1 мл слюны, а в третью — столько же воды.

3. Первую пробирку поместите на лед, а вторую и третью — в теплую воду.

4. Через 10 мин во все три пробирки добавьте по две капли йодного раствора. Как изменилась окраска в пробирках? Объясните эти изменения.

5. Заполните таблицу и сделайте вывод.

Действие слюны на крахмал

Номер пробирки	Содержание пробирки	Температура	Цвет содержимого пробирки
1	Крахмал + слюна	0 °С	
2	Крахмал + слюна	+40 °С	
3	Крахмал + вода	+40 °С	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вот и прошел еще один учебный год вашей школьной жизни. Вы стали старше на целый год — пока не на календарный, а только учебный.

Помните, на одной из первых страниц учебника мы рекомендовали провести простое наблюдение — измерить свой рост и вес? Откройте ваши записи, не поленитесь и проделайте эти измерения еще раз. Сравните новые показатели с теми, что были в начале года. Заметили разницу?

За это время вы стали не только выше и сильнее. Вы многое узнали: как и почему сокращаются сердце и мышцы, движется кровь и функционирует печень, как образуется тепло в организме и как воспринимается изображение с помощью глаз. Вы смогли заглянуть в почку и легкие и даже туда, где рождаются наши мысли, — в головной мозг. Вы научились наблюдать за собственным организмом, анализировать, сравнивать полученные результаты и, конечно, делать выводы. Рассуждая о тайнах организма человека, не забывайте, что за всеми научными открытиями стояли и стоят тысячи известных и неизвестных ученых.

А всё ли науке известно о человеке? До конца ли раскрыты его тайны? В анатомии едва ли можно ждать сенсационных открытий — строение тела изучено достаточно хорошо. А как в других областях науки? Всё ли известно современному исследователю человеческого организма? Конечно нет. Молекулярная биология, цитология, генетика человека, психология и физиология могут разгадать еще множество секретов, скрывающихся пока внутри отдельных органов и каждой клетки. Исследование человеческого организма продолжается. Возможно, кто-то из вас подхватит эту бесконечную и благородную эстафету научного поиска и приумножит достижения наук о человеке.

Желаем вам в этом успеха!

Список рекомендуемой литературы

1. *Бреслав И. С.* Как управляется дыхание человека. — Л.: «Наука», 1985.

2. В мире запахов и звуков. (Занимательная оториноларингология.) — М.: «ТЕРРА», 1997.

3. *Гамов Г., Ичас М.* Мистер Томпикс внутри самого себя. — Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 1999.

4. *Говалло В. И.* Парадоксы иммунологии. — М.: «Знание», 1983.

5. *Демидов В. Е.* Как мы видим то, что видим. — М.: «Знание», 1979.

6. Детская энциклопедия. (Для среднего и старшего возраста.) Т. 7. Человек. — М.: «Педагогика», 1975.

7. *Зверев И. Д.* Книга для чтения по анатомии, физиологии и гигиене человека. Пособие для учащихся. — М.: «Просвещение», 1983.

8. Малая энциклопедия открытий / Сост.: И. Е. Свиридова, Н. Г. Сиротенко. — М.: ООО «Издательство АСТ»; Харьков: «Торсинг», 2001.

9. *Моррис Д.* Голая обезьяна / Пер. с англ. В. Кузнецова. — СПб.: «Амфора», 2001.

10. *Розенблат В. В.* Симфония жизни. (Популярная физиология человека.) — М.: «Физкультура и спорт», 1989.

11. *Сергеев Б. Ф.* Тайны памяти. — М.: «Цитадель», 1995.

12. *Сергеев Б. Ф.* Ум хорошо... — М.: «Молодая гвардия», 1984.

13. Энциклопедия для детей. Т. 18. Человек. Ч. 1. Гл. ред. В. А. Володин. — М.: «Аванта +», 2001.

14. *Этинген Л. Е.* Страна Анатомия. — М.: «Советская Россия», 1982.

15. *Яновская М. И.* Тайны, догадки, прозрения. (Из истории физиологии.) — М.: «Знание», 1975.

Предметный указатель

Содержание

Дыхание

Пищеварение

Обмен веществ и превращение энергии

Выделение

Воспроизведение и развитие человека

Учебное издание

Рохлов Валериан Сергеевич,
Трофимов Сергей Борисович

БИОЛОГИЯ

Человек и его здоровье

8 класс

УЧЕБНИК
для общеобразовательных учреждений

Генеральный директор издательства *М. И. Безвиконная*
Главный редактор *К. И. Куровский*. Редактор *К. В. Успенский*
Оформление и художественное редактирование: *Т. С. Богданова*
Иллюстрации: *Э. В. Ленчевская*
Технический редактор *Г. З. Кузнецова*
Корректоры *Т. А. Юдичева, Л. С. Щербакова*
Компьютерная верстка: *А. М. Репкин*

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.60.953.Д.001815.02.07 от 22.02.2007.
Формат 70×90 1/16. Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Школьная». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 21,06. Тираж 6296 экз. Заказ № 529

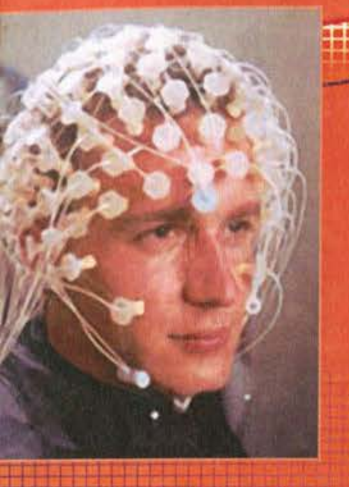
Издательство «Мнемозина». 105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29 б.
Тел.: (495) 367-54-18, 367-56-27, 367-67-81; факс: (495) 165-92-18.
E-mail: ioc@mnemozina.ru
www.mnemozina.ru

Магазин «Мнемозина» (розничная и мелкооптовая продажа книг).
105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29 б.
Тел.: (495) 783-82-84, 783-82-85, 783-82-86.

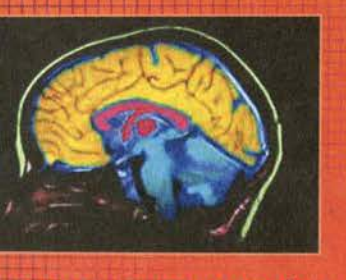
Торговый дом «Мнемозина» (оптовая продажа книг).
Тел./факс: (495) 657-98-98.
E-mail: td@mnemozina.ru

Отпечатано в ООО «Финтрекс».
115477, Москва, ул. Кантемировская, 60.

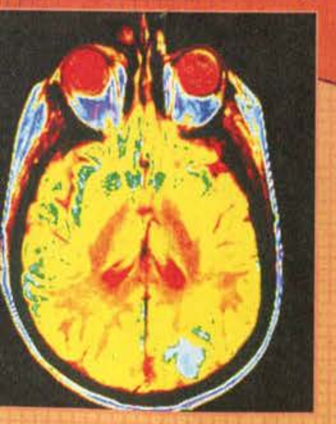
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА



ектроэнцефалография



пьютерная томография черепа

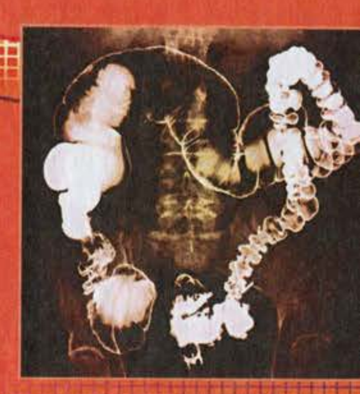


гнитно - резонансная томография





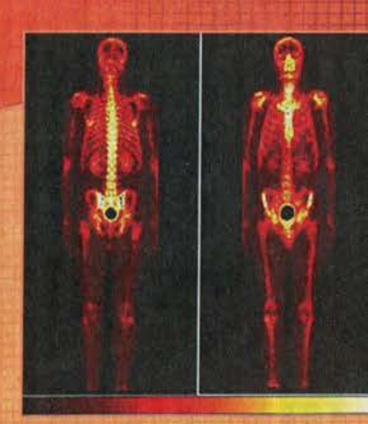




Рентгенография кишечника



Ультразвуковое исследова плода



Радиоизотопное исследова скелета



ПРЕДЛАГАЕТ УЧЕБНЫЕ ИЗДАНИЯ

ПО БИОЛОГИИ

5 класс

А. Е. Андреева. Природоведение / Под ред. Д. И. Трайтака (учебник, рабочая тетрадь, методические рекомендации и тематическое планирование).

6 класс

Д. И. Трайтак, Н. Д. Трайтак. Биология: Растения, бактерии, грибы, лишайники (учебник).

Д. И. Трайтак. Биология: Растения, бактерии, грибы, лишайники (пособие для учащихся).

Д. И. Трайтак. Сборник задач и упражнений по биологии растений, бактерий, грибов и лишайников (пособие для учащихся).

Д. И. Трайтак, Н. Д. Трайтак. Биология: Растения, бактерии, грибы, лишайники (тетрадь для самостоятельных работ).

Д. И. Трайтак. Биология: Растения, бактерии, грибы, лишайники (методические рекомендации и тематическое планирование).

7 класс

Д. И. Трайтак, С. В. Суматохин. Биология: Животные (учебник).

С. В. Суматохин. Биология/экология: Животные. Сборник заданий и задач с ответами (пособие для учащихся).

С. В. Суматохин. Биология/экология: Животные (рабочая тетрадь).

С. В. Суматохин. Биология: Животные (методическое пособие для учителя).

8 класс

В. С. Рохлов, С. Б. Трофимов. Биология: Человек и его здоровье (учебник).

Р. Д. Маш. Биология: Человек и его здоровье. Сборник опытов и заданий с ответами (пособие для учащихся).

В. С. Рохлов, С. Б. Трофимов. Биология: Человек и его здоровье (дидактические материалы).

В. С. Рохлов, С. Б. Трофимов. Биология: Человек и его здоровье (методические рекомендации и тематическое планирование).

Н. А. Пугал. Атлас по анатомии (пособие для учащихся).

9 класс

Т. М. Ефимова и др. Общая биология (учебник, рабочая тетрадь, методическое пособие для учителя).

Биология. Сборник тестов, задач и заданий с ответами: По материалам Всероссийских и Международных олимпиад / Авт.-сост.: В. В. Пасечник и др. (пособие для учащихся средних и старших классов).

Д. И. Трайтак. Проблемы методики обучения биологии (пособие для учителя).

Наглядные пособия

Ю. В. Блиновская. Эволюция клетки. 5—11 кл. (учебно-методический комплект по биологии).

ISBN 978-5-346-00832-3

